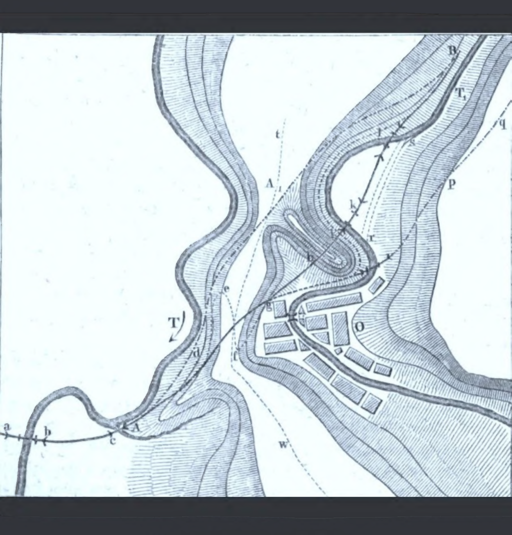
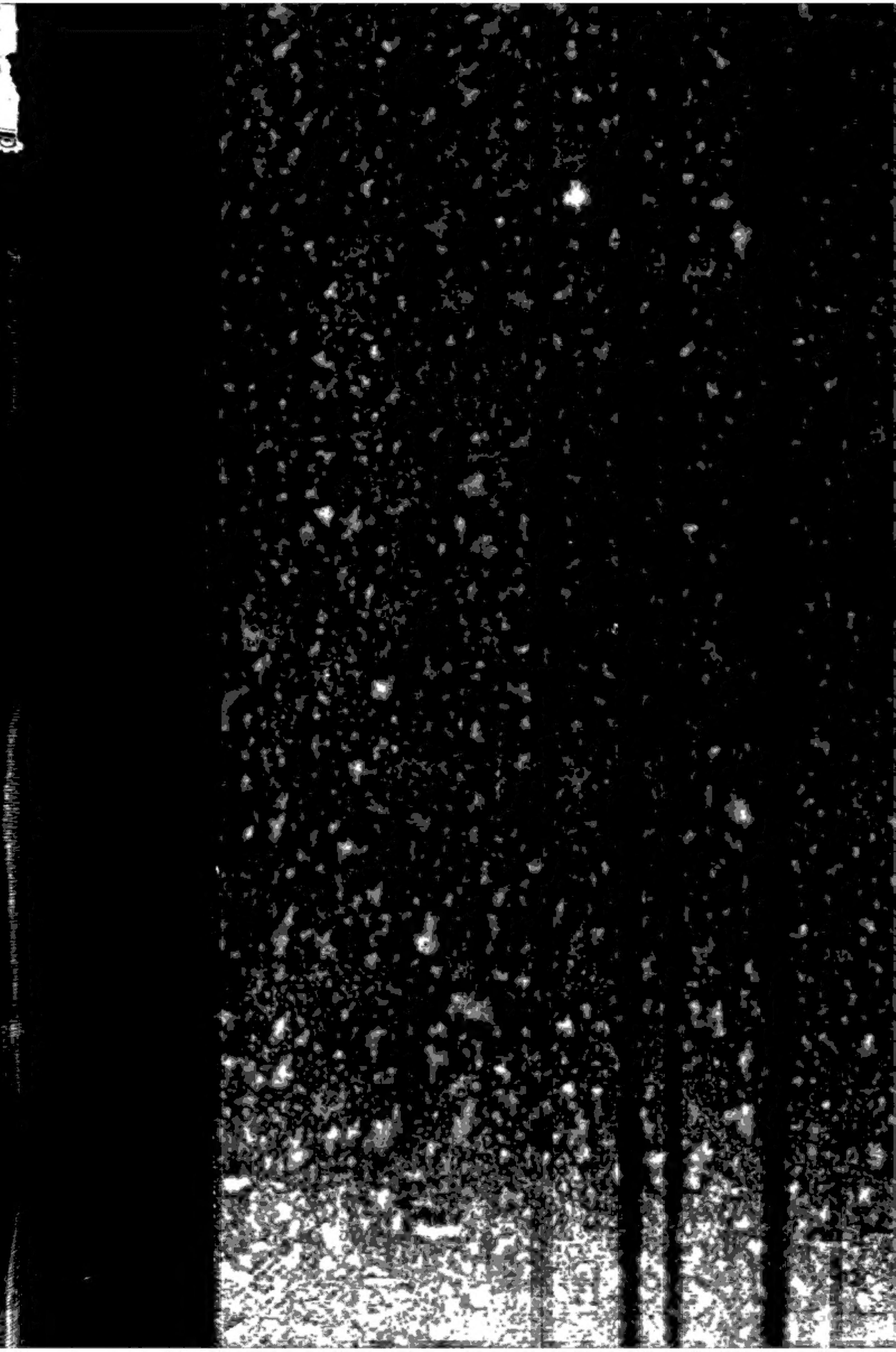


Vorträge über Ingenieur-Wissenschaften an ...

August von Kaven

image
not
available



Vorträge

über

Ingenieur-Wissenschaften

an der

polytechnischen Schule zu Aachen

von

A. v. Kaven,

Baurath und Director der Königlichen polytechnischen Schule zu Aachen.

Abtheilung I.

Einleitung zum Wege- und Eisenbahnbau

und

Der Wegebau.

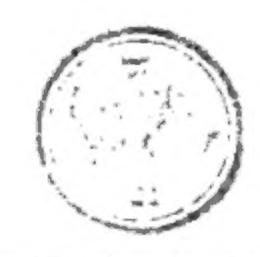
Mit 190 Holzschnitten und 3 Steindrucktafeln.

Zweite vermehrte Auflage.

Als Manuscript gedruckt.

HANNOVER.
Carl Rümpler.

1870.



Vorträge
über
Ingenieur-Wissenschaften
an der
polytechnischen Schule zu Aachen

von

A. v. Kaven,
Baurath und Director der Königlichen polytechnischen Schule zu Aachen.

Abtheilung I.

Einleitung zum Wege- und Eisenbahnbau

und

Der Wegebau.

Mit 190 Holzschnitten und 3 Steindrucktafeln.

Zweite vermehrte Auflage.

Als Manuscript gedruckt.

HANNOVER.
Carl Rümpler.

1870.

Hofbuchdruckerei der Gebrüder Jänecke in Hannover.



Vorbemerkung zur ersten Auflage.

Die vorliegende Zusammenstellung hat den Zweck, die Studirenden der polytechnischen Schule nicht nur mit den Grundzügen des Wegebaues bekannt zu machen, sondern ihnen auch einige Erfahrungsresultate und Vorschriften zu geben, deren Kenntniss den Uebergang in die Praxis und das Hineinfinden in dieselbe erleichtert, zu deren Mittheilung aber die für den Vortrag bestimmte Zeit nicht ausreicht.

Wennzwar es anfänglich die Absicht war, diesen Abriss erst, nachdem der Inhalt während mehrmaliger Vorträge gesichtet und vervollständigt sein würde, durch den Druck für die Polytechniker, für welche allein er bestimmt ist, zu vervielfältigen, so hat der Verfasser doch, theils im Interesse seiner diesjährigen Zuhörer, theils um im nächsten Cursus mit Hülfe dieser Unterlage einen grösseren Stoff bewältigen zu können, geglaubt, schon jetzt beim erstmaligen Vortrage damit vorgehen zu müssen, mit dem Vorsatze, bei wiederholten Vorträgen Hinzukommendes stets in Form von Supplementen anzuhängen. Die Gründe gegen eine schon jetzt vorzunehmende Vervielfältigung — welche übrigens in der vorliegenden Form aus mehren Ursachen dem gebräuchlichen Ueberdruck vorzuziehen sein dürfte — sind bei ihm durch die Ansicht überwogen, dass einerseits es geboten sei, dem Schüler ermüdendes zusammenhängendes Nachschreiben zu ersparen und es ihm möglich zu machen, während des Vortrages nicht bloss zu *schreiben* — wozu die Mehrzahl bei Disciplinen, welche grösstentheils Positives behandeln, am meisten geneigt ist — sondern auch *aufzufassen*; andererseits, damit dem Lehrer Zeit und Gelegenheit bleibe, im Vortrage zwanglos an geeigneten Stellen abzuschweifen und den Schüler zur vergleichenden Kritik anzuregen.

Bei der kurzen Zeit einiger Wochen, welche auf diese Zusammenstellung nur verwendet werden konnte, hat für jetzt der Stoff weder vollständig behandelt, noch genügend systematisch eingetheilt werden können, wesshalb Fachgenossen, denen diese kleine Arbeit,

welche keineswegs für die Oeffentlichkeit bestimmt ist und deren Mängel dem Verfasser bekannt sind, etwa in die Hände kommen sollte, solche nachsichtig beurtheilen werden. Den Hauptinhalt derselben bilden, da noch keine Zeit vorhanden war, die reiche Bibliothek der polytechnischen Schule gehörig auszubeuten, vorerst die vortreffliche hannoversche Instruction für den Wegebau und Mittheilungen, welche der Verfasser dem freundlichen Interesse einiger praktischen Wegbautechniker verdankt.

Die angehängten Skizzen genügen für den Zweck, dem Schüler, welcher mit Nutzen die im folgenden Vortrage vorkommenden Capitel vorher durchliest, damit er auf Dasjenige, welches ihm etwa unklar bleibt, beim erläuternden Vortrage am aufmerksamsten sei, das Studium des Textes zu erleichtern, und sie werden nach Erforderniss an der Tafel in grösserem Maassstabe erklärt. Die Fassung hat meistens kurz sein müssen und der Druck gedrängt, um Raum und Kosten zu sparen, indessen wird der Schüler, um die Uebersicht nicht zu verlieren, während des Vortrags die Hauptstellen unterstreichen können. Der breite Rand reicht für etwaige Notizen während des Vortrages.

Sollte die Erfahrung herausstellen, dass durch Mittheilung einer derartigen Unterlage an die Studirenden, nicht ungünstige Resultate erzielt werden, so beabsichtigt der Verfasser, in ähnlicher Weise seine Vorträge über Brückenbau und Eisenbahnbau, vielleicht schon im nächsten Cursus den Polytechnikern mitzutheilen, wenn er die Zeit zur Zusammenstellung dieser allerdings viel umfangreicheren Abtheilungen bis dahin erübrigen kann. Darin werden Erdarbeiten und Sonstiges, was in der Vorlage, um Wiederholungen zu vermeiden, nicht aufgenommen ist, behandelt werden.

Hannover, im Februar 1862.

v. Kaven.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Obgleich es nicht meine Absicht war, eine zweite Auflage der nachstehenden Vorträge schon jetzt zu veranstalten, habe ich doch dem Wunsche meiner Hörer und verschiedener Fachgenossen, wie der Aufforderung des Herrn Verlegers, bei welchem diese Vorträge öfters nachgefragt wurden: eine neue Auflage erscheinen zu lassen, nachgegeben, zumal die erste bereits seit einigen Jahren vergriffen ist.

Die erste Auflage wurde auf meine Bitte durch Vermittelung der Behörde an die hannoverschen Wegbaubeamten vertheilt, mit dem Ersuchen, sie durch Kritik verbessern und durch Hinzufügungen bereichern und mir solche dann behufs Benutzung bei einer zweiten Auflage wieder zuschicken zu wollen. Dieses Verfahren, wodurch zunächst bezweckt wurde, den abgehenden Polytechnikern in geeigneter Form die neuesten Erfahrungen der Praktiker mit auf den Weg zu geben, schien mir für beide Theile nützlich und anregend.

Die vorliegende zweite Auflage konnte daher durch mancherlei praktische Bemerkungen verschiedener hannoverschen Wegbaubeamten, denen ich für ihr Interesse meinen besten Dank sage, verbessert und ergänzt werden.

Die hinzugekommene Einleitung bezweckt besonders eine Uebersicht zu geben und den Leser für den Gegenstand zu interessiren; der praktische Theil, der eigentliche Wegebau, ist ergänzt und vielfach umgearbeitet; der Anhang ist, besonders auf Wunsch meiner Hörer, denen ich die Gegenstände desselben wegen Kürze der Zeit in meinen Vorträgen über Brücken- und Eisenbahnbau nur cursorisch vortragen konnte, erheblich erweitert, so dass also das Ganze an Vollständigkeit gewonnen hat, wobei es durch die Zuvorkommenheit des Herrn Verlegers zugleich in besserer Ausstattung erscheint.

Das Capitel I. über Fuhrwerke beabsichtigte ich anfänglich ganz auszulassen, da man den Gegenstand in der allgemeinen Maschinenlehre von Rühlmann und die Theorie in der Mechanik von Ritter, welche Werke jeder Polytechniker wohl besitzt, sehr ausführlich findet; aber ich habe es des Zusammenhanges wegen schliesslich beibehalten. Das Capitel II. über Leistungen der Zugthiere und die damit zusammenhängenden theoretischen Untersuchungen wollte ich ebenfalls gänzlich umarbeiten; indessen in Anbetracht, dass die Anwendung der Rechnung auf thierische Motoren immer unsicher bleiben wird und dass in einem Buche von vorwiegend praktischer Tendenz derartige weitgehende Untersuchungen nicht vorzukommen brauchen, habe ich es bei der einfachen, zwar wenig scharfen, aber dem Praktiker doch Anhaltspunkte gewährenden früheren Darstellung gelassen und Beispiele noch hinzugefügt. Die pag. 159 angeführte Abhandlung von Launhardt kann für das Weiterstudium in dieser Richtung benutzt werden; ebenso die pag. 415 unter Nr. 20a citirte Abhandlung von Winkler.

Eine mehr systematische Anordnung des Ganzen hätte ich gern vorgenommen, aber da ich nur mit längeren Unterbrechungen daran

arbeiten konnte, auch die Möglichkeit einer Umarbeitung wegen vielfacher Beschäftigung, die mir durch meine Berufung an das Polytechnicum zu Aachen entstand, in weite Ferne gerückt schien, habe ich dies Buch so drucken lassen wie es ist, indem ich zugleich auf die nachsichtige Beurtheilung der Fachgenossen rechnete, denen diese zunächst für meine Schüler bestimmten Vorträge in die Hände kommen sollten. Ich hatte nicht die Absicht, ein Lehrbuch oder Handbuch des Wegebaues zu schreiben — dies überlasse ich mehr Erfahrenen und Befähigteren — ich bezweckte durch die Vorlage hauptsächlich für andere Gegenstände meiner Vorträge Zeit zu gewinnen, und es zu vermeiden während des Unterrichts den Schüler mit Angaben und Zahlen zu erdrücken, deren Besitz ihm in der Praxis zwar werthvoll ist, durch deren Mittheilung in den Vorträgen aber ihm die Zeit zum selbstständigen Arbeiten und Nachdenken auf anderen Gebieten geraubt wird. Vielleicht findet auch der ausübende Fachmann in dieser Zusammenstellung einige Angaben, welche ihm nützlich sein können.

Aachen, im Januar 1870.

v. Kaven.

Index.

(welcher auch beim Repetiren benutzt werden kann.)

Einleitung zum Wege- und Eisenbahnbau.

Erster Abschnitt.

Capitel I.

Die Entwickelung der Communicationen und ihr Einfluss auf die Wohlfahrt.

Capitel II.

Kurze Uebersicht der verschiedenen Arten von Communicationen und der benutzten oder vorgeschlagenen Motoren.

Zweiter Abschnitt.

Capitel III.

Vergleichung der Communications-Wege und Charakteristik derselben.

Pag.

Der Wegebau.

Capitel I.
Von den Fuhrwerken.

Capitel II.
Von den Leistungen der Zugthiere.

Capitel III.

Von der Beschaffenheit des Terrains.

Capitel IV.

Alignement und Profil der Strassen.

Capitel V.

Kurze Beschreibung des Ganges der Bearbeitung eines Projectes.

Capitel VI.
Vom Längenprofile und dem Querprofile der Strassen.

Capitel VII.
Ueber die verschiedenen Arten der Befestigung der Fahrbahn.

Capitel VIII.
Bau der Strassen und Specialitäten über die Construction der einzelnen Bestandtheile.

Pag.

Capitel IX.

Unterhaltung und Wiederherstellung der Strassen.

Capitel X.

Ueber die Walzen und die Walzoperation.

Anhang.

*) Vergleiche bei eisernen Brücken: „Ueber die Ermittelung des Eigengewichts und die am meisten ökonomische Brückenweite bei schmiedeisernen Brücken, von v. Kaven". Zeitschrift des Arch.- und Ingen.-Vereins zu Hannover, Band XIV.

Abkürzungen der citirten Zeitschriften.

Die citirten Zeitschriften sind verschieden abgekürzt. Die kürzesten gebrauchten Bezeichnungen sind die folgenden:

Abkürzungen:	
Mém. compt. rend. . .	Mémoires et compte rendu de la société des ingénieurs civils.
Oesterr. Z.	Zeitschrift des österreichischen Ingenieur-Vereins.
Ann. belg.	Annales des travaux publics de Belgique.
Port. éc.	Portefeuille économique des Machines, par Oppermann.
Schweiz. Z.	Schweizerische polytechnische Zeitschrift.
Eisenb. Z.	Eisenbahn-Zeitung von Etzel und Klein.
Ann. min.	Annales des mines.
C. Eng. Arch.	Civil Engineer and Architects Journal.
Berl. B.	Berliner Zeitschrift für Bauwesen.
Eng.	The Engineer.
Civ. Ing.	Civil-Ingenieur, von Zeuner, als neue Folge vom Ingenieur.
Technol.	Le Technologiste, par Malepeyre et Vasserot.
Ann. pont.	Annales des ponts et chaussées.
Gén. ind.	Génie industriel.
Ing.	Der Ingenieur von Bornemann, Brückmann und Röting.
Pract. mech.	The practical-mechanics Journal.
Hann.Notiz.und Hann.Z.	Notizblatt und Zeitschrift des hannoverschen Architecten- und Ingenieur-Vereins.
Först. B.	Förster's Bauzeitung.
Org.	Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens, und neue Folge.
Ver. Zeitschr.	Zeitschrift des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltungen.
Deutsch. Ing.	Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, von Grashoff.
Artiz.	The Artizan.
Nouv. ann.	Nouvelles annales de la construction, par Oppermann.
Mech. Mag.	The Mechanic's Magazine.
P. Centr.	Polytechnisches Centralblatt.
Pol. Journ.	Dingler's polytechnisches Journal.
Enging.	Engineering.
Ann. gén. civ.	Annales du génie civil.
Oest. Berg. u. Hütt. . .	Oesterreichische Berg- und Hüttenzeitung.

Abkürzungen:

Rev. univ. .... Revue universelle, par Cuyper.
Public. ind. .... Publication industrielle, par Armengaud.
Bull. d'enc. .... Bulletin de la Société d'encouragement.
Romb. B. .... Romberg's Bauzeitung.
Ann. cons. .... Annales du Conservatoire des arts et métiers.
Salin. W. .... Preussische Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Salinenwesen.
Preuss. Gewerb. .... Verhandlungen des Vereins zur Förderung des Gewerbfleisses in Preussen.
Deutsch. Gewerb. .... Wieck's deutsche Gewerbezeitung.
Revist. .... Revista de obras publicas.
Transact. .... Transactions of the Institution of civil-engineers.
Proceed. .... Minutes of proceedings of the Institution of civil engineers.
Hann. Gewerb. ...... Hannoversche Gewerbezeitung.
Deutsch. Ind. .... Deutsche Industriezeitung.

Druckfehler und Verbesserungen:

Pag. 7 Zeile 4 von oben, statt „52 Centner" lies: „50 Centner",
„ 12 „ 28 „ unten, „ „Hafenpreise" „ „Haferpreise",
„ 12 „ 6 „ „ „ „Es" „ „Er",
„ 46 „ 18 „ oben, „ „Roberston" „ „Robertson",
„ 214 Fig. 86c müssen die Mauern am Hange schraffirt sein.

Zusammenstellung

der

bei der Umrechnung der Maassen und Gewichte der ersten Auflage

gebrauchten Verhältnisszahlen.

---

1 Fuss hannov. . . . . . . = $0^m,292$ (09).
1 □ Fuss hannov. . . . . = 0,08532 □ Meter.
1 Cub.-Fuss hannov. . = 0,02492 Cub.-Meter.
1 Ruthe hannov. . . . . . = 16 Fuss hannov. = $4^m,673$; $\frac{1}{4,673} = 0,214$.
1 □ Ruthe hannov. . . . = 21,837 □ Meter; $\frac{1}{21,84} = 0,0458$.
1 Kasten hannov. . . . . = 16 Cub.-Fuss = 0,3987 Cub.-Meter.
1 Kasten pro lfde. Ruthe = 0,3987 . 0,214 = 0,0853 Cub.-Meter pro lfden. Meter.
1 Schachtruthe. . . . . . . = 256 Cub.-Fuss hannov. = 6,38 Cub.-Meter; $\frac{1}{6,38} = 0,1568$.
1 Faden. . . . . = 1024 Cub.-Fuss = 25,517 Cub.-Meter; $\frac{1}{25,517} = 0,0392$.
1 Meile hannov. . . . . . . = 7,427 Kilom.; $\frac{1}{7,427} = 0,1347$.
1 Zoll hannov. . . . . = 2,43 Centim.; 1 □ Zoll = 5,924 □ Centim.
1 Fuss preuss. . . . . = 0,313 (85) Meter.
1 Meile preuss. . . . . . = 7,532 Kilom.
1 Fuss engl. . . . . = 0,3048 Meter.
1 Meile engl. . . . . = 1,609 Kilom.
1 Fuss österr. . . . . = 0,3161 Meter.
1 Thaler . . . . = 30 Silbergroschen = 300 Pfenninge.
1 altes ℔ hannov. . . . . = 1 ℔ köln. = 0,4677 Kilogr.
1 Fuss ℔ engl. (av. d. poids). . . . . = 0,13826 Meterkilogr.
1 ℔ (av. d. poids) . . . = 0,4536 Kilogr.

Die in der neuen Auflage gebrauchten Pfunde sind, wo nichts Anderes bemerkt, Zollpfunde à ½ Kilogr., ebenso wo Fusse vorkommen, sind hannoversche gemeint.

Einleitung

zum

Wege- und Eisenbahn-Bau.

Erster Abschnitt.

Capitel I.

Die Entwickelung der Communicationen und ihr Einfluss auf die Wohlfahrt.

Sobald der Boden, welchen einzelne Menschen für sich ausbeuteten, nicht mehr Alles das lieferte, was sie gebrauchten, oder sobald sie selbst nicht mehr die mit erhöhter Cultur [1]) wachsenden Bedürfnisse an gewissen Erzeugnissen der Gewerbe, der Industrie u. s. w. durch eigene Production befriedigen konnten, trat das Verlangen ein, Gegenstände der eigenen Production gegen die begehrten Gegenstände mit Anderen, welche letztere vorzugsweise producirten, auszutauschen. Zur Ermöglichung dieses Austausches wurde die Ueberführung der Erzeugnisse von einem Orte zum andern, also eine gewisse Arbeitsleistung erforderlich, welche den Werth [2]) des Productes erhöht und welche Leistung wir allgemein Transport nennen. Je lebhafter mit der sich steigernden Cultur dieser Tauschhandel und später der Handel überhaupt sich entwickelten, um so grösser wurde auch das Bedürfniss, geeignete Wege zur Erleichterung des Transports, sowohl der Güter wie Personen zu besitzen, um die Waaren billiger, massenhafter und rascher an den Absatzort schicken und persönlich mit einander verkehren zu können.

Mit dem geringeren Preise der Waare wächst dann wieder die Nachfrage und das Absatzgebiet erweitert sich, je geringer der Transportpreis pro Längeneinheit (Meile, Kilometer etc.) sich stellt, bis zu der Entfernung, wo die Grenze des Gebrauchswerthes durch die hinzukommenden Gesammttransportkosten erreicht ist [3]). Viele Güter können erst dann in den Handel gelangen, wenn der Transportpreis bis zu einer gewissen Grenze gesunken ist.

Die Industrie, welche die schweren und wohlfeilen Massengüter (Rohproducte etc.) verbraucht, localisirt sich daher ohne ausgebildete Transportarten auf einen gewissen Umkreis um den Verbrauchsgegenstand[4]). Es kann der Fall sein, dass Güter, welche, wenn sie einander massenhaft nahe gebracht werden könnten, grosse Reichthümer erzeugen würden, jetzt aber brach und nutzlos liegen, weil die Transporte zu kostspielig und nicht massenhaft genug vor sich gehen können, so lange eine entsprechende Communication (Canal, Eisenbahn etc.) fehlt. Manche Güter sind ausserdem auf weite Entfernungen nur zu versenden, wenn der Transport mit grosser Geschwindigkeit geschehen kann[5]).

[1]) Das Bedürfniss des Transports entsteht bei wachsender Cultur. Die Jäger, Fischer und Nomaden bedurften weniger Communicationsmittel, als der schon eine höhere Stufe der Cultur repräsentirende Ackerbau treibende Mann, noch mehr wuchs das Bedürfniss beim Beginn der gewerblichen und der Bauthätigkeit der alten Völker.

[2]) Manche Gegenstände sind an Ort und Stelle, wo sie erzeugt werden, gar nichts oder sehr wenig werth und erhalten erst Werth durch die darauf verwandte Arbeit und wenn sie zum Transport geschickt gemacht werden und Transportwege vorhanden sind. So z. B. der Guano durch billige Schiffsfracht, Mahagonihölzer aus grossen Wäldern, sobald Wege angelegt sind. Aus Ostgalizien gehen jetzt grosse Mastbäume für die österreichische Marine per Eisenbahn nach Triest. — In Südamerika verbrennt man grosse Wälder von sehr nutzbaren Hölzern, welche in Europa einen grossen Werth besitzen würden, aber aus den Wäldern nicht transportirt werden können, und man macht den Boden für leichter zu transportirende oder in der nächsten Nähe zu verbrauchende Bodenproducte urbar. Früher schickte man die sog. Buenos-Ayres-Häute nach Europa und musste das Ochsenfleisch, weil es zu massenhaft, um transportirt werden zu können, und unterwegs verdarb, in grossen Haufen verfaulen lassen. Jetzt stellt man aus 40 Pfund Fleisch etwa ein Pfund Liebig'schen Fleischextract dar, welcher leicht transportabel und haltbar, mit vier Thalern per Pfund bezahlt wird; oder man trocknet die besten Theile des Fleisches oder conservirt sie auf andere Weise und schickt es nach Europa, wo es ein Nahrungsmittel für die ärmeren Classen abgiebt, auch zur Verproviantirung von Schiffen verwendet wird.

[3]) Durch Herabsetzung des Eisenbahntarifs auf den deutschen Eisenbahnen auf einen Pfennig ($^1/_{12}$ Sgr.) per Centner und Meile, hat sich z. B. der Absatz der westphälischen Kohle nicht nur erheblich vermehrt, sondern sie ist weit nach Osten, bis nach Sachsen, hingedrungen und macht selbst in Geestemünde der englischen Kohle Concurrenz. Es entsteht durch solche Vorkommnisse eine erhebliche Ausdehnung, an manchen Stellen erst die Möglichkeit einer Industrie, welche in den meisten ihrer Branchen Kohlen gebraucht.

[4]) Wie z. B. in England, wo Kohle und Eisen in grosser Nähe bei einander sich finden, dahin gehörige Fabrikationszweige am meisten entwickelt sind und mit dem gefürchteten Erschöpfen der Kohlenlager zu Grunde gehen würden. — In der Provinz Hannover, bei Peine, finden sich unermessliche und reichprocentige Eisenerze. Die Actionäre der Peine-Ilseder Hütte, welche das Eisen verhüttet, würden Millionaire werden, wenn die Kohlen in der Nähe wären, die sie jetzt von Westphalen beziehen müssen.

[5]) So transportirt man Fische per Eisenbahn mit Schnellzügen in das Binnenland; in Paris speist man Blumenkohl und andere Gemüse aus Algier und bezieht Milch aus grossen Entfernungen. Hasen aus Böhmen wurden bis nach Hannover verschickt. Die Producte der Landwirthschaft vergrössern ihren Werth durch die Eisenbahnen und die Landwirthschaft selbst kann durch veränderte Art ihres Betriebes lohnender werden. Vergl. Roscher's System der Volkswirthschaft, das Capitel: v. Thünenscher Staat.

Je unvollkommener die Circulationswege, um so geringer ist die volkswirthschaftliche Bewegung [1]), und die Schätze der Natur sind so lange latent, wie es an Communicationen mangelt, um sie an den Verkaufsort zu bringen.

[1]) Wenn man die Höhe der Civilisation eines Volkes im Ganzen nach der verbrauchten Seife (Liebig), nach der Anzahl literarischer Erzeugnisse, der erscheinenden Zeitschriften, der Anzahl Schulen u. s. w. beurtheilt, so giebt auch die Anzahl der Communicationen, verglichen mit der Einwohnerzahl, oder mit dem Flächeninhalte des Landes einen oft gebrauchten Maassstab, der einen gewissen Anhalt neben anderen gewähren kann. Vergl. Oesterreich und der Zollverein in Deutsch. Industr. Zeit. 1865, p. 215. Schulverhältnisse, Umsatz der Banken und Consumtionsverhältnisse in Oesterreich und Preussen.

Die Entwickelung des Transports, was sowohl Schnelligkeit als die auf einmal bewegten Massen anbetrifft, geschah nur langsam im Laufe der Jahrhunderte [1]) und die vollkommensten und unvollkommensten Methoden bestehen in der Jetztzeit, je nach dem Culturzustande der Völker, neben einander. Für den Landtransport, welcher uns hier vornehmlich beschäftigt, sehen wir in allmähligem Fortschritt zum Besseren zuerst den Menschen, dann das Last- und Zugthier und zuletzt, seit wenigen Jahrzehnten, den Dampf in der Locomotive verwendet [2]). Immer wurde für einen Wechsel der bewegenden Kraft auch eine Aenderung des Weges oder der Bahn nothwendig, so dass bei Vervollkommnung der Transportmethode [3]) und des Transportgeräthes [4]) auch eine Verbesserung [5]) der Bahn erforderlich wurde, und beide zugleich zur Ausbildung des Transportwesens mitwirkten.

[1]) Auch hier zeigt sich die auf vielen Gebieten wahrnehmbare Erscheinung, dass die gleichzeitig lebenden Völker der Erde, je nach dem Maasse der Cultur, welche ihnen innewohnt, jene Perioden neben einander erkennen lassen, welche die hochcultivirten Nationen im Laufe der Jahrhunderte nach einander durchgemacht haben. Bei einigen ist der Mensch noch selbst das Lastthier, und andere sind noch nicht über den lasttragenden Vierfüssler hinausgekommen. Während wir durch den Telegraphen von der Entfernung fast unabhängig geworden und nächstens durch den Telegraphen Briefe in natura mit cosmischer Geschwindigkeit verschicken werden (Bonelli), benutzen die uncivilisirten Völker noch Läufer zu eiligen Mittheilungen. Beim Bau der ägyptischen und indischen Eisenbahnen konnten die Engländer die Eingeborenen nicht an den Gebrauch der Karre gewöhnen, sondern liessen sie die Erde zum Bahnbau, nach ihrer Gewohnheit, in Körben auf den Köpfen oder auf der Schulter herbeischleppen. Der Versuch, Karren einzuführen, misslang, da sie, wenn unbeaufsichtigt, die Karre mit Erde gefüllt auf dem Kopfe zu tragen vorzogen. Die Macht der Gewohnheit und das Herkommen verzögern die Fortschritte auf geistigem wie auf materiellem Gebiete, selbst bei hochcivilisirten Völkern.

[2]) Auf den allerschwierigsten Wegen, über Gletschergründe und zerklüftete Gebirge kann noch heute nur der Mensch zur Verwendung kommen, dann folgt weiter das Saumthier, und darauf das mit Pferden bespannte Fuhrwerk u. s. w.

[3]) Bei den Arbeitsleistungen des Transports sehen wir dieselbe Stufenfolge, wie auf anderen Gebieten der menschlichen Thätigkeit. Zuerst macht sich der Mensch die Thiere dienstbar, welche unter seiner geistigen Leitung für die physische Anstrengung seiner Muskeln eintreten müssen, und darauf erfasst und benutzt er die

Gesetze der Natur und setzt die elementaren Kräfte mittelst Hülfe von Maschinen in Action. Die Eisenbahnen bezeichnen auf dem Gebiete der Transportleistungen diese letzte Stufe, und die Einführung der Maschinenkraft zum Transporte ist das Wesentliche bei denselben, denn die Verbesserung der Bahn hatte man schon früher erstrebt, und die ersten Holzbahnen oder auch Eisenbahnen bei Bergwerken wurden mit Pferden betrieben. Es ist daher durch die Eisenbahnen und die Einführung der Dampfkraft eine Verbesserung im Transportwesen durch Einführung einer neuen Methode erreicht und eine Stufe beschritten, deren Abstand von dem bisherigen Transporte durch thierische Kräfte noch grösser ist, als der von der untersten Stufe zu derjenigen, auf welche der Mensch stieg, als er mit Frohlocken erkannte, dass das Thier seine physischen Arbeitsmühen auf der Landstrasse übernehmen könne.

4) Die ersten Transportgeräthe auf dem Wasser waren Flösse von Holz oder Schilf (Bajiji im Innern Afrika's), ausgehöhlte Baumstämme, Fahrzeuge von Baumrinden, ungegerbten Ochsenhäuten (Abiponen, westlich vom Parana in Südamerika), Kajaks der Eskimos u. s. w., später kamen Ruder, Segel und Steuerruder. — Auf dem Lande zuerst die Schleife von Holz oder Knochen (Eskimos, Schlitten aus Wallfischknochen, von Hunden gezogen). Die Erfindung des Wagens, selbst in rohester Gestalt, setzt schon einen gesteigerten Culturzustand, Wege und Strassen voraus, und vom ursprünglichen Wagen bis zu dem Fuhrwerke mit Federn hat man lange Zeit gebraucht.

5) Die gerade Richtung älterer Strassen hat ohne Zweifel ihren Grund darin, dass sie vorher als Fusspfade dienten, welche die Orte mit einander verbanden, die häufig, um gesünder zu liegen oder um feindliche Annäherungen zu gewahren, auf höheren Punkten angelegt wurden. Für Fusspfade schien die kürzere aber steilere Strasse vorzüglicher und sie war auch noch für Packpferde nicht zu steil. Später kamen auf diesen selben Wegen Fuhrwerke in Gebrauch, bei welchen ein beträchtlicher Arbeitsaufwand auf diesen steilen Strecken und verlorenen Steigungen verschwendet werden musste. Zu dieser Zeit waren aber schon die Umgebungen der Strasse in Besitz genommen und bebaut, so dass eine Verlegung der Strasse schwierig war. Die Expropriationsgesetze, wonach eine Abtretung von Grundeigenthum im öffentlichen Interesse zur Herstellung besserer Verkehrswege, Landstrassen, Chausseen, Eisenbahnen etc. verlangt werden kann, ohne dass der Grundeigenthümer einseitig die Entschädigung festzustellen berechtigt ist, sind noch von neuerem Datum. In neuerer Zeit werden bei den Verkoppelungen der Grundstücke auch die Wege, was Steigungen und Richtung anbetrifft, verbessert, da die Landleute den ihnen aus erleichterter Communication erwachsenden Gewinn durch Ersparung an Fuhrkosten, weil die Wege verkürzt werden und mehr aufgeladen werden kann, neben anderen mit der Verkoppelung verbundenen Vortheilen schätzen gelernt haben.

Die alten Römerstrassen gingen häufig in gerader Richtung über Berg und Thal und erforderten enorme Arbeiten. — Eine alte Strasse in Anglesea, 24 englische Meilen lang, stieg und fiel im Ganzen 3540 Fuss, während die neue von Telford erbaute nur 2257 Fuss steigt und fällt, ausserdem ist die neue Strasse 2 englische Meilen kürzer. (Vergl. Gillespie, pag. 36.)

Materielle Vortheile, welche der erleichterte Verkehr gewährt.

Nimmt man beispielsweise an, dass die Entfernung, auf welche Producte, bei denen wegen grossen Gewichtes und geringen Gebrauchswerthes der Transportpreis erheblich in Frage kommt, also die sogenannten Rohproducte (z. B. Holz, Steinkohlen, Bergwerkserzeugnisse, Cerealien etc.), transportirt werden können, bei einem feststehenden Gebrauchswerthe in demselben Verhältnisse wächst, wie der Preis des Transports pro Längeneinheit (Meile, Kilometer etc.) fällt, so hat man, wenn man die Extreme, die roheste Transportmethode mit der

am meisten ausgebildeten vergleicht, das Resultat, dass für denselben Preis die Locomotive das 100fache eines geübten Lastträgers leistet. Ein solcher Lastträger leistet bei 20 Sgr. Tagelohn für 1 preuss. Pfennig etwa 3700 Meterkil., während per Eisenbahn eine Centner-Meile oder 376,625 Meterkil. so viel kosten. Diese Leistung ist also die hundertfache. Beträgt also die Transportentfernung das Hundertfache [1]), so kann bei einem mit Eisenbahnen überzogenen Lande die für denselben Preis versorgte Fläche $100^2 = 10000$ Mal so gross, als beim Transport durch Lasttragen angenommen werden. Dabei ist nun noch die Geschwindigkeit des Transports per Bahn, selbst bei Güterzügen wenigstens die 10fache, so dass für denselben Preis pro Gewichtseinheit in derselben Zeit das $100^2 . 10 = 100,000$fache geliefert werden kann.

Die Wirkung der grösseren Transportgeschwindigkeit kann man sich auch so vorstellen, als wenn das betreffende Territorium $10^2 = 100$mal kleiner geworden und die Productionsorte einander entsprechend näher gerückt wären.

Ausserdem erreicht aber die Leistung der Menschen oder der Thiere wegen der für solche Massentransporte erforderlichen grossen Anzahl sehr bald aus mehrfachen Gründen (Vertheurung der Unterbringung bei Anhäufungen, Unmöglichkeit, viele kleine Kräfte gleichzeitig anzubringen und gleichmässig zur Wirkung zu bringen) ihre Grenze, während die Leistung einer mit Locomotiven betriebenen Eisenbahn vergleichsweise fast unbeschränkt genannt werden darf [2]). Die Zunahme des Verkehrs wegen erleichterter Beförderung und die Ersparung an Geld (oder was dasselbe, an Arbeit) hat allen Erwerbszweigen einen nie geahnten Aufschwung gegeben [3—10]).

[1]) Die Leistungen von Menschen und Thieren sind aus den im Capitel „Thierische Motoren" erörterten Gründen sehr verschieden, wesshalb man in Zahlenangaben grosse Unterschiede findet. Die folgenden geben einige Anhaltpunkte zur Vergleichung. Ueber die Ursachen bei Menschen vergl. z. B. Wieck's Deutsche Gewerb. Zeitung 1865. Nr. 27. Nachweisung über Fleischverbrauch etc. bei verschiedenen Nationen. Einige behaupten, dass vegetabilische Nahrung zu grösseren Leistungen befähige als Fleischnahrung, vergl. „Die naturgemässe Diät" von Theodor Hahn. Cöthen 1859, pag. 238 etc., wo ausserordentliche Leistungen angegeben sind.

Die tägliche Leistung geübter Lastträger bei 44 Kil. Last beträgt 880,000 bis 890,000 Kil. einen Meter weit transportirt, ohne das Eigengewicht gerechnet. Zwei Menschen mit Last auf einer Bahre (40 bis 50 Kil. für jeden) jeder 200,000 bis 250,000 Meterkil.; ein französischer Infanterist im Kriege (1829) bei $25^1/_2$ Kil. Last 612,000 Meterkil.

Die tägliche Leistung eines Mannes beim Ziehen: mit Gurt über der Schulter, 13 Kil. Zugkraft mit $0^m,_8$ Geschwindigkeit, giebt pro Tag 200,000 Kil. 1 Meter hoch (Guenyveau); während 8 Stunden 15 Kil. Zugkraft mit $0^m,_{68}$ Geschwindigkeit = 288,000 Meterkil. (Bernouilli); während 8 Stunden 13,23 Kil. mit $0^m,_{76}$ Geschw. = 289,578 Meterkil. (Langsdorf).

Nach Eytelwein leistet ein Mann beim Ziehen von oben nach unten in senkrechter Richtung mit einer Leine, bei zweistündiger Ablösung 18,71 Kil. mit $1^m,_{256}$

während 6 Stunden = 507,600 Meterkil. Eine Annahme englischer Schriftsteller ist noch während 10 Stunden 10 Pfund engl. mit 10 Fuss engl. Geschwindigkeit per Secunde (durch Uebersetzung) = 3,600,000 Fusspfund engl. = 498,165 Meterkil.

Ein kräftiger Mann, welcher mit einem Schubkarren eine Last von im Ganzen 70 Kil. auf 29,226 Meter Entfernung transportirt und leer zurückgeht, leistet 1,022,910 Meterkil. †); auf Palmer's Eisenbahn, den Widerstands-Coefficienten zu $^1/_{300}$ gerechnet und seine tägliche Leistung beim Ziehen 242,200 Meterkil., leistet er also 72,660,000 Kil. auf einen Meter weit.

Ein Pferd auf dem Great Junction Canal in England leistet 1389 Millionen Meterkil. *).

Leistung beim Gehen und Bergsteigen.

Beim gewöhnlichen Gehen nimmt man an, dass ein Mann in einem Tage 7 Meilen mit einer Geschwindigkeit von etwa 5 Fuss per Secunde unbelastet zurück zu legen vermöge, mithin 9—10 Stunden in Bewegung sein könne.

Die Leistung beim Bergsteigen ist nach Gewohnheit ausserordentlich verschieden. Wesermann (im Taschenbuch für den Strassenbau) giebt an, dass Fussgänger, denen in bergigen Gegenden die Wahl freisteht, zu den Fusspfaden in der Regel eine Steigung von 11° wählen. Prittwitz dagegen hält 30° dafür. Die Leistung beim Bergsteigen (70 Kil. Eigengewicht 7—8 Kil. Belastung) bei $^{10}/_{68}$ mittlerer Steigung in $7^3/_4$ Stunden soll 224,000 Kil. 1 Meter hoch betragen. Die Führer in den Alpen leisten (70 Kil. + 12 Kil. Belastung) bei 10stündiger Bewegung 400 Meter hoch in einer Stunde, dies macht täglich 328,000 Kil. 1 Meter hoch.

Thury in Genf**) hat beobachtet, dass ein Mensch von mittlerer Kraft 6 Kilometer per Stunde oder $1^m,67$ per Secunde auf horizontalem Wege 8 Stunden täglich gehen und dies mehrere Tage ohne Kraftverlust aushalten, also täglich 48,000 Meter machen kann. Dieser Weg soll eine gleiche Arbeitsleistung wie ein Steigen auf 4000 Meter in der Vertikalen erfordern. Bei Ersteigung mässiger Abhänge — mittlere Steigung der Alpenhänge = $^1/_3$ — und unter Voraussetzung eines Körpergewichtes von 65 Kil. würde sich hiernach ein Kraftaufwand aus $4000 \cdot 65 + 12{,}000\,x = 48{,}000\,x$, von $x = 7^2/_9$ Kilogr. für den Meter Weg auf der Horizontalen berechnen.

³) Die Leistung einer zweigleisigen Eisenbahn würde erst dann ihre Grenze erreichen, wenn so viel Züge gingen, dass die wegen der Sicherheit vorzuschreibende Entfernung oder die zwischen dem Abgange der auf einander folgenden Züge erforderliche Zeit (5—10 Minuten) nicht mehr inne gehalten werden könnte. Da indessen aus ökonomischen Rücksichten die Güterzüge langsamer fahren, als Personenzüge, so ist, weil nur auf den Stationen Ueberholungen stattfinden können, die Grenze der Leistung bei Bahnen mit Personen- und Gütertransport um so eher erreicht, je langsamer die Güterzüge gehen. Es fahren daher auf sehr frequenten Bahnen mit häufigen Personenzügen (England) auch aus diesem Grunde die Güterzüge rascher, als auf weniger frequenten (Deutschland und Frankreich). Bei steigendem Verkehr wird man genöthigt ein drittes Gleis anzulegen. Bei eingleisiger Bahn, auf welcher Züge in beiden Richtungen gehen, ist, weil sich die Züge auf

---

†) Nach der Formel im Capitel „Erdarbeit" ist die tägliche Leistung eines Erdarbeiters mit Handkarre auf Bohlenbahn bei x Meter Transportweite, wenn das Gewicht der Karre und Ladung zu nur 100 Kil. gerechnet wird

$$L = \left(\frac{7054}{0{,}1\,x + 15{,}335}\right) . x . 100 \text{ Kil.}$$

Dies ergiebt z. B. für x = 100 Meter L = 1,563,668 Meterkil., die Leistung beim leeren Zurückgehen nicht gerechnet. Bei 30 M. Transportweite findet sie sich (wegen des häufig vorkommenden Aufenthalts) zu 774,172 Meterkil.

*) Vergl. über derartige Angaben: Prittwitz, Oekonomie der mechanischen Kräfte zum Zwecke der Industrie. Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen. 1829. pag. 198 etc.

**) Zeitschrift des Hann. Arch.- u. Ing.-V. 1861, p. 323 aus Revista de obras publicas 1859.

den Stationen kreuzen müssen, die Grenze der Leistungsfähigkeit selbstredend viel eher erreicht.

Auf Eisenbahnen mit geringen Steigungen transportirt man massenhafte Züge, z. B. Kohlenzüge von 10,000 Centner netto, wozu man auf sehr guten Chausseen wenigstens 200 Pferde à 52 Centner Ladung haben müsste. Die Geschwindigkeit auf der Bahn ist aber (10 — 15 Minuten die Meile bei Güterzügen) etwa die 10fache als auf Chausseen, so dass, um dasselbe in gleicher Zeit zu leisten, für jeden Zug 2000 Pferde nöthig wären, wenn die Zugkraft des Pferdes zunähme in gleichem Verhältnisse wie die Geschwindigkeit abnimmt, was nicht im Entferntesten der Fall ist (vergl. Capitel über Thierische Motoren). Ausserdem arbeitet das Pferd bei normaler Leistung nur 8 Stunden, die Maschine ununterbrochen; die Leistung jedes einzelnen Thieres ist um so weniger zu verwerthen, je mehre Thiere zugleich arbeiten müssen. Endlich kann man täglich eine grosse Anzahl Züge abgehen lassen, so dass die Beschaffung thierischer Kräfte, welche in derselben Zeit so viel leisten wie nur einige Locomotiven, eine Unmöglichkeit ist.

Die Landfracht beträgt etwa 8 ₰ per Meile und Centner, wogegen die Eisenbahnfracht im Mittel etwa 3 ₰, für Kohlen nur etwa 1 ₰ beträgt. Ausserdem wird die Eisenbahnfracht immer billiger wegen Verbesserungen an den Maschinen und der Bahn; je mehr Quantitäten transportirt werden, um so billiger wird der Einheitssatz pro Centner, weil sich die Generalkosten auf mehr Transporteinheiten vertheilen, wesshalb bei zunehmendem Verkehr die Tarife immer niedriger werden konnten. Bei Verminderung der Tarife wächst aber wiederum der Verkehr. Bei Landfracht ist aber der keiner Verminderung fähige Transportpreis gegen die Generalkosten (Verzinsung des Anlagecapitals, Verwaltungskosten etc.) überwiegend und bei starker Nachfrage steigen sogar, wegen der beschränkten Zahl der Motoren, die Preise *).

3) Auf den französischen routes impériales werden jährlich 1800 Millionen Tonnen (à 1000 Kil.) Netto auf 1 Kilometer Länge mittelst 3002 Millionen Pferdekilometern transportirt. In den letzten 30 Jahren haben die Verbesserungen der Strassen (bessere Befestigung und Unterhaltung, Verminderung der Steigungen durch Verlegung etc.) den mittleren Transportpreis von 30 auf 20 Centimes pro Tonnen-Kilom. gebracht, wodurch der Transportindustrie eine jährliche Ersparniss von 180 Millionen Francs erwächst, welche die Mehrkosten der Unterhaltung und die Zinsen des Ameliorationscapitals bei weitem übertrifft.

Im Jahre 1864 waren am 31. Dec. 13,057 Kilometer Eisenbahnen in Frankreich im Betriebe, von 1855 bis 1863 ist der mittlere Preis pro Tonne auf 1 Kilometer (Tonnenkilometer) von 7,62 auf 6,62 Centimes gesunken. Dies macht auf 4052 Millionen Tonnenkilom. im Jahre 1863 eine Ersparniss von 40 Millionen Francs **).

4) In der Zeit von 10 Jahren (1852—1862) ist die Anzahl Tonnenkilometer auf den französischen Bahnen, welche in einem Jahre transportirt wurde, von 145,308 auf 452,442 gestiegen und die entsprechende Einnahme per Kilom. von 12,411 Frcs. auf 30,060 Frcs. Während dieser Zeit hat sich der mittlere Tarif von 8,51 Cent. auf 6,61 Cent. ermässigt. Der Tarif für Frachtfuhren per Landtransport betrug im Mittel 24,9 Cent. per Tonne und Kilom. Der Personenverkehr hat sich, da die Transportpreise nicht herabgesetzt, in derselben Periode nur von 262,866 auf 315,427 Personenkilometer und die Einnahme von 16,814 Frcs. auf 17,980 Frcs. per Kilom. gesteigert ***).

---

*) Vergl. als hierher gehörig: The railways and locomotives of the districts adjoining the rivers Tyne, Wear and Tees by John T. Tone im Artizan Oct. 1. 1863. p. 222 oder auch Pract. Mechanics journal, Nov. 1. 1863.

**) Exposé de la situation de l'empire etc. Annales des mines. Tome VII. Lois décrets et arrêtés. Jan. et Févr. 1865. p. 1.

***) Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen. 1865. Nr. 50. p. 614 aus dem interessanten Werke: Enquête sur l'exploitation et la construction des chemins de fer. Paris 1863.

5) Am Ende des Jahres 1834, als noch nicht 100 engl. Meilen in Grossbritannien fertig waren, reisten jährlich nur 6 Millionen Reisende mit der Postkutsche. Zehn Jahre später die vierfache Zahl, und jetzt reisen auf den Bahnen des vereinigten Königreichs täglich 500,000 Passagiere, 258,000 Tonnen Mineralien und Waaren, 35,000 Stück Vieh, 1100 Hunde und 740 Pferde *).

5a) Die Gesammtersparniss durch das Reisen auf Eisenbahnen gegen das Reisen mit Postkutschen berechnete sich schon im Jahre 1845 in England, wenn man nur jährlich 500 Millionen Personen-Miles (engl.) annahm, zu fast 7 Millionen Pfund Sterling, etwa das Doppelte der auf den Eisenbahnen ausgegebenen Fahrpreise **).

5b) Die effective Geschwindigkeit der englischen Expresszüge beträgt etwa 60 Kilometer per Stunde (incl. Aufenthalt). Die Geschwindigkeit in voller Fahrt ist zuweilen bis $^1/_3$ grösser. Die Postzüge (Mail trains) haben sogar eine effective Geschwindigkeit von 67 — 71 Kilom. ***) per Stunde.

5c) Man kann jetzt in Salonwagen mit Rauch- und Caffeezimmern von London nach Liverpool in 4 Stunden mit dem Expresstrain fahren, ohne anzuhalten, da derselbe unterwegs bei Rugby Wasser nimmt, während der Zug im Gange bleibt (Ramsbottoms Tender). Die Entfernung beträgt 323 Kilom., also effective Geschwindigkeit 81 Kilom. oder 10,75 Preuss. Meilen in der Stunde ****).

Zwischen London und Birmingham fährt man 112 engl. Meilen in eben so viel Minuten. Von Paris nach Madrid, 1450 Kilom. oder 966 engl. Meilen kann man jetzt in 36 Stunden kommen.

5d) Wegen grösserer Solidität der Bauart kann auf den englischen Bahnen schneller als auf den amerikanischen gefahren werden. Z. B. die Postzüge (Mail trains) gewähren eine schlagende Vergleichung. Der Nachtpostzug von Euston-square-station in London nach Perth in Schottland macht 451 Miles in $11^1/_2$ Stunden oder 40 Meilen engl. in der Stunde incl. Aufenthalt. Der Mailzug zwischen New-York und Washington, 229 Miles, braucht 11 — 12 Stunden, hat also nur die halbe Geschwindigkeit †).

5e) In der Mitte des vorigen Jahrhunderts kostete eine Tonne Gut von Birmingham nach London 7 Pfund Sterl. und von Leeds nach London (auf $129^1/_2$ engl. Meilen) 13 Pfd. Sterl. Jetzt kostet sie nur den 20. bis 25. Theil ††).

6) Das von der Natur reich gesegnete Mexico hat gering entwickelte Verkehrswege von erbärmlichster Beschaffenheit. Von Veracruz bis Mexico braucht die für 9 Reisende eingerichtete Diligence auf 92 Leguas à $^9/_{10}$ deutsche Meilen (also 82,8 Meilen), wovon 20 Leguas auf der Eisenbahn zurückgelegt werden, 4 — 5 Tage. Der erste Platz bis Mexico kostet 200 Frcs. = 40 Pesos, also etwa 20 Sgr. die Meile, während er auf der Preuss. Post etwa 6 Sgr., auf deutschen Eisenbahnen durchschnittlich etwa 3 Sgr. beträgt. Der Centner Gut nach Mexico kostet 40 bis 75 Frcs. Auf europäischen Bahnen würde der Centner etwa durchschnittlich 2 ₰ . 82,8 = 165,6 ₰, etwa 2 Frcs., also 20 — $37^1/_2$ mal weniger kosten. Rohmaterialien für 1 ₰ die Meile selbst 48 — 112 mal weniger †††).

7) Durch die Eisenbahnen wurde der Grundwerth im Staate Ohio auf 300 Millionen Dollars gesteigert.

8) Auch in Deutschland giebt es noch Ländereien, die schon bei geringer Entfernung vom Gemeindeorte durch den Mangel an entsprechenden Communicationen fast werthlos sind. Daher der grosse Nutzen der Landwege, der Verkoppelung, welche die Wege abkürzt etc.

---

*) Artizan. Mai 1. 1864. pag. 117.

**) Eisenbahnzeitung V. 1847. pag. 31, auch IX. 1851. pag. 174, oder auch Polyt. Centralbl. XVIII. 1852. pag. 123 — 124.

***) Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltung. 1865. Nr. 50.

****) Mechanics Magazine. April 6. 1866.

†) The Engineer. April 14. 1865.

††) The Engineer. April 27. 1866.

†††) Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahn-Verwaltung. 1865. Nr. 43.

[9]) Das Erste was geschieht, um ein Land zu civilisiren und zu exploriren, ist die Erbauung von Communicationen, z. B. Canälen, Strassen, Eisenbahnen. Z. B. in Englisch Indien, Australien etc. Vergl. The finance of engineering in India by J. G. Medley. Civ. Eng. and Arch. Journ. 1865. Sept. 1, auch 1866 pag. 138 u. 161 von Denison.

Der Bau von 300 – 400 Miles Chausseen in den schottischen Hochlanden in den Jahren 1726 und 1749 war ein Mittel, um die wilden Clans zu zähmen und die öffentliche Ordnung wieder herzustellen. Magaz. für Literatur des Auslandes. Nr. 43. 1863. Amerikanische Gedanken über Civilisation.

[10]) Die Römer konnten den Besitz von Spanien nur behaupten, indem sie in der Provinz, welche jetzt Estremadura heisst, Strassen anlegten.

Aus dem bisher Gesagten ergiebt sich bei dem Zusammenhange, in welchem die Fortschritte der Cultur mit dem materiellen Wohle der eigenen Bevölkerung und der Erleichterung von Verkehrsanknüpfungen mit fremden Nationen stehen, wie viel mehr in denjenigen Ländern erreicht werden konnte, welche die Herstellung guter Communicationen zuliessen, und wo solche hergestellt wurden [1]). Die in den letzten 40 Jahren hergestellten, zur Zeit als die vollkommensten bekannten Communicationen, die Eisenbahnen, repräsentiren ein ungeheures Capital und greifen in das volkswirthschaftliche Leben als eine wahre Grossmacht ein [2 — 3]). Sie haben direct zur Förderung fast aller Zweige der Technik gewirkt und der Industrie einen nie geahnten Aufschwung verliehen [4]).

[1]) Hieraus erklärt sich auch die Verschiedenheit, die man in der Grösse wie in der Schnelligkeit des Wachsens der Cultur bemerkt hat, bei Völkern, die auf Küsten, auf Inseln oder auch an schiffbaren Strömen leben, im Vergleich mit denen im Innern des Continents. Im ersteren Falle kommen Schiffe und Segel in Vergleich gegen das Tragen auf dem Rücken, oft über rauhe Gebirge, weite Ebenen und sandige Wüsten, und wenngleich bald der Esel, das Pferd, das Maulthier, Kameel oder Lama etc. zum Tragen benutzt werden, so können doch nur vergleichsweise geringe Massen gefördert werden. Ein nicht zu unterschätzender Factor der Cultur war auch die Berührung weit reisender Küstenvölker (Phönizier, Griechen) gegen die Abgeschlossenheit der Binnenvölker, welche geringere Anregungen erfuhren und daher im Allgemeinen weniger Thatkraft besassen.

Bei einigen Völkern ist die Localität der Anlage von Communicationen hinderlich, z. B. in den Steppen und Wüsten, abgesehen davon, dass die klimatischen Verhältnisse die Entwickelung der Cultur überhaupt erschweren können *).

[2]) Rechnet man, dass auf Eisenbahnen die 10fache Geschwindigkeit im Personenverkehr als bei dem Landfuhrwerk erreicht wird, so kann man die durch solche Communicationen verbundene Erdoberfläche sich als 100mal kleiner geworden vorstellen. Und ist der Frachtpreis die Hälfte, so sind sich aus beiden Ursachen die Bewohner (weil Zeit Geld ist) um 200mal näher gerückt. Hierdurch entsteht ein lebhafter persönlicher Verkehr, welcher am meisten anregt; die Thätigkeit der Einzelnen wird vielseitiger und intensiver und sie leben, wenn nicht länger, doch mehr als sonst, auch weil Zeit erspart wird, die Bevölkerung wird beweglicher und interessirt sich mehr für das Allgemeine und ferner Liegende. Die Productionskraft wird auch direct durch den Gewinn an Zeit gesteigert und die Geschäfte gehen, da das billige Reisen den persönlichen Verkehr erleichtert, umfangreicher und rascher vor sich. Die Eisenbahnen sind daher, indem sie die Nationen leicht in Berührung bringen, für die modernen Völker fast von derselben Bedeutung, wie es die Buchdruckerkunst für das Mittelalter war.

*) Vergl. Guthe Lehrbuch der Geographie, pag. 54. 1868. Hannover, Hahn.

3)

Bezeichnung.	Telegraphenlinien auf 100 □ Kilometer.	Eisenbahnen auf 1 Million Einwohner.	Eisenbahn überhaupt.	Eisenbahn auf 100 □ Kil. Fläche.	Briefe pro Kopf der Bevölkerung.	Antheil in Procenten am Ausbau der europäischen Bahnen von 1860—1865.
	Kilometer.	Kilometer.	Kilometer.	Kilometer.		
1. Belgien	11,865	519	2566	8,713	6,88	2,4
2. Schweiz	8,738	516	1295	3,179	15,60	1,4
3. England	8,245	823	24621	7,851	24,01	20,5
4. Niederlande ...	6,065	283	1049	3,198	6,38	1,7
5. Frankreich	5,474	392	14908	2,710	8,86	19,0
6. Italien	5,453	200	1840	1,701	3,97	8,9
7. Deutsche Staaten	4,547	395	14455	2,742	6,24	10,6
8. Dänemark	4,097	298	478	1,275	4,12	1,4
9. Oesterreich ...	3,324	183	6305	1,014	3,58	4,6
10. Spanien	1,973	338	5110	1,008	3,90	11,3
11. Portugal......	0,666	175	700	0,734	0,52	2,5
12. Europ. Türkei	1,795	21	286	—	—	0,6
13. Schweden.....	1,304	422	1732		2,51	4,1
14. Norwegen	0,996	185	315		2,06	0,8
15. Griechenland..	0,964	183	—		0,53	—
16. Europ. Russland	0,583	64	4494	—	0,24	11,4
17. Engl. Colonien in Amerika...	1,111	1294	3922	—	5,26	—
18. Verein. Staaten in Nord-Amer.	1,054	1673	59377	0,705	13,16	—
19. Chile	0,137	333	600	—	—	—
20. Brasilien	0,024	51	601	—	—	—
21. Brit. Ostindien	0,767	39	5438	—	0,37	—
22. Aegypten.....	0,309	272	898	—	—	—
23. Algier........	0,695	17	44	—	—	—
24. Engl. Colon. in Australien....	0,307	646	885	—	—	—

Diese Zahlen beziehen sich auf die Zeit in etwa 1866 — 1867. 100 □ Kil. = 1,816 geogr. □ Meile.

Die Eisenbahnen Europas haben in den 5 Jahren von 1860 — 1865 von 6955 geogr. Meilen auf 10000 geogr. Meilen zugenommen, d. i. um 43,8 Proc., die der aussereuropäischen Staaten um 20 Proc. Während in dieser Periode in 8 der bedeutendsten Staaten Europas die Länge der Linien um 31,5 Proc. zunahm, steigerte sich die Frachtenbewegung um 59 Proc.; der Personenverkehr um 57,1 Proc., so dass die Benutzung der Bahnen erheblich zunahm.

	Eisenbahnen der ganzen Erde:			Kosten:	Telegraphenlinien:
Europa ...	83154 Kilom.	=	11207 geogr. Meil.	35240 Mill. Frcs.	188027 Kilom.
Amerika ..	66160 „	=	8916 „ „	9188 „ „	105654 „
Asien.....	5893 „	=	794 „ „	1544 „ „	35146 „
Afrika....	1051 „	=	141 „ „	156 „ „	13670 „
Australien.	885 „	=	120 „ „	497 „ „	11160 „
				Submarine-Kabel	11819 „
	157143 Kilom.	=	21178 geogr. Meil.	46625 Mill. Frcs.	365476 Kilom. = 49255½ geogr. Meilen.

Die Reinerträgnisse aller Eisenbahnen der Welt müssen zur Verzinsung dieses Anlage-Capitals mit 4 Proc. sich auf täglich über 5 Mill. Frcs. belaufen. 40000 Loco-

motiven und 1,200,000 Wagen. Auf 74625 Kilom. Bahn in allen Erdtheilen wurden in einem Jahre etwa 503 Millionen Passagiere befördert. Täglich reisen etwa drei Millionen Menschen auf sämmtlichen Bahnen der Welt herum. Auf 75298 Kilom. wurden etwa 237 Millionen Tonnen, d. i. 4732½ Millionen Zoll-Centner Waaren bewegt, wonach täglich etwa 27 Millionen Zoll-Centner auf allen Bahnen der Welt befrachtet werden. — Zu den Schienen aller Bahnen können etwa 226 Millionen Zoll-Centner Eisen verbraucht sein. (Aus Offic. Ausstellungsbericht der Pariser Ausstellung im Jahre 1867 vom k. k. österreichischen Central-Comité. Wien 1867. 2. Lieferung.)

4) Das in Grossbritannien in Eisenbahnen angelegte Capital betrug 1864 bis zu 385 Millionen Pfd. Sterl., etwa die Hälfte der Nationalschuld. Dieser Betrag ist für 11500 engl. Meilen Eisenbahnen ausgegeben, welche derzeit auf den britischen Inseln im Betriebe waren. In Verbindung mit diesen Unternehmungen sind die grossartigsten Werke ausgeführt. Schiffbare Ströme, selbst Meerbusen, wurden überbrückt, Berge mit Tunneln durchfahren, kolossale Viaducte, Dämme und Einschnitte an vielen Stellen gemacht. Dies ist Alles während der Lebenszeit einer Generation geschehen, die nicht nur diese Werke ausgeführt hat, sondern auch alle Kosten aus ihren eigenen Mitteln ohne irgend Unterstützung des Staates beschafft hat. Mit einem Worte: die englischen Eisenbahnen sind die spontanen Erzeugnisse der Industrie, Energie und des Unternehmungsgeistes dieses Volkes, welches in praktischen Ausführungen von keinem Volke der Welt übertroffen ist *).

Die Construction grosser eiserner Brücken, welche zu so vielen scharfsinnigen Anwendungen der Theorie Veranlassung gegeben haben, und der Tunnelbau, die rationelle Ausführung von Erdarbeiten in grossem Maassstabe etc., sind lediglich durch Erbauung von Eisenbahnen auf den jetzigen Standpunkt gebracht und die Eisenbahntechniker haben die wissenschaftliche Technik der letzten 20 Jahre am meisten fördern helfen. Die Maschinenindustrie, die Eisenfabrikation etc. wurden durch die Eisenbahnen zu beschleunigter Entwickelung gebracht. Nicht weniger sind die Wissenschaften, welcher die Technik bedarf, in höherem Maasse cultivirt worden, und mehr Mittel zu wissenschaftlichen Untersuchungen aufgewendet, durch das praktische Bedürfniss veranlasst, während man um der Wissenschaft selbst willen kaum geneigt war grosse Aufwendungen zu machen.

Die durch die verbesserten Communicationen erzielte Raschheit und die Präcision der Beförderung [1]) haben zugleich mit dem Aufschwunge der Dampfschifffahrt den Welthandel und den Binnenhandel auf seine jetzige Ausdehnung gebracht und eine Sicherheit in der Beförderung erreichen lassen [2]), welche die der früheren Verkehrsmittel erheblich übertrifft. Die Eisenbahnen sind ein mächtiges Mittel zum Angriffe im Kriege und vielleicht noch mehr zur Vertheidigung [3]).

1) Die Beförderung auf Eisenbahnen ist, abgesehen von seltenen Unterbrechungen durch Schneefall in einzelnen Gegenden, zu keiner Jahreszeit unterbrochen und die Ablieferung von Personen und selbst Waaren geschieht auf die Minute. Folgende Tabelle zeigt, wie viel rascher die Lieferung durch Eisenbahnen, als durch Landfuhre in Deutschland geschieht. Die englischen Bahnen leisten (wegen geringeren Stationirens der Güterzüge auf den Bahnhöfen und rascherer Expedition) noch viel mehr als die deutschen und namentlich als die französischen Bahnen, welche bisher die längsten Lieferfristen ausbedingen.

---

*) Artizan. März 1. 1864.

Vergleichung der früheren Landfrachten mit den Eisenbahnfrachten von Hannover aus nach einigen Handelsstädten im Jahre 1864.

Namen der Orte.	Eisenbahn-Tarifmeilen.	Normalclasse. Eisenbahn-Fracht pro Centner. Pfennige à $^1/_{10}$ Sgr.	Lieferzeit. Tage.	Meilen auf der Chaussee.	Durchschnittliche Fracht pro Centner und Meile. Pfennige à $^1/_{10}$ Sgr.	Landfracht im Ganzen pro Centner Pfennige à $^1/_{10}$ Sgr.	Lieferzeit. Tage.
Harburg	20,50	85	1 - 2	19,75	3,8	70 - 80	3-4
Bremen	15,00	63	1 - 2	14,75	5,1	70 - 80	3-4
Braunschwg.	8,25	38	1	9,50	7,9	70 - 80	2-3
Hildesheim ..	4,00	17	1	[illegible]	7,5	32	1-2
Celle	5,50	23	1	5,50	7,6	42	1-2
Cassel	22,50	95	2	21,25	7,8	167	5-6
Berlin	42,25	205	2	41,5 per Braunschw. 46 per Othfresen	9,3	417	12-14
Frankfrt. a M.	49,50	212,5	3	43,75	8,7 - 9,2	380 - 420	12-14
Cöln	43,75	205	2	42,00	8,6	340 - 380	12-14
Elberfeld	35,35	167	3 - 4	36,50	8,2	300	12
Leipzig	38,25	177,5	2	36,00	8,3-10,6	300 - 340	8
Nienburg. ..	6,50	27	1	6,50	6,5	42	2
Minden	8,75	36	1	8,50	8,6	63 - 83	2-3
Osnabrück ...	18,00	75	1	17,50	6,8	113 - 125	4

Diese Eisenbahnfracht gilt aber nur für die sogenannte Normalclasse, wo der Centner pr. Meile auf der Bahn etwa 4,2 ₰ kostete. Die ermässigten Classen waren 1864 zu $3^1/_3$ ₰, in ganzen Wagenladungen zu 2 ₰ tarifirt. Ausnahme-Tarife nur $1^1/_4$ ₰. Kohlen nur $^5/_6$ ₰ und 2 ℛ Expeditionsgebühr für eine Ladung von 100 Ctr. Das Fuhrwerk konnte also (ausnahmsweise noch nach Harburg bei billigen Hafenpreisen) nicht einmal mit der Normalclasse concurriren, geschweige denn mit den übrigen Classen.

Ausserdem erleiden der Preis und die Lieferzeit der Landfuhren eine dem Handel sehr unbequeme Veränderlichkeit durch Zufälligkeiten, z. B.: viel Güter, wenig Fuhrwerke; schlechte Witterung, schlechte Wege; Schneefall, hohe Haferpreise, verlangte kürzere Lieferzeiten sind nur mit besonderen Anstrengungen zu erreichen etc.

So z. B. war der Frachtsatz von Hannover nach Bremen in der Regel 25 sgr bis 1 ℛ pr. Schiffpfund (360 ℔ köln.) bei 3—4 Tagen Lieferzeit. Nicht selten wurden aber bis 2 ℛ bei 2 – $2^1/_2$ Tagen Lieferzeit bewilligt. Zuweilen wurde aber das Schiffpfund auch für 20 sgr verladen. Solche Schwankungen sind für den Kaufmann unerträglich und machen die Speculation zu nichte. Auf der Bremer Chaussee concurrirten die Fuhrleute am längsten mit der Eisenbahn, indem sie die Pferde unbarmherzig mit 66 Ctr Brutto belasteten, was 165 ℔ Zugkraft bei $^1/_{40}$ Widerstandscoefficient der Chaussee ergiebt. Bei vorkommenden Steigungen von $^1/_{32}$ mussten die Pferde oft 400 ℔ Zugkraft auf einer 100 Ruthen (à 16′) langen Strecke entwickeln. Die Fuhrleute nach Nürnberg, Leipzig, Braunschweig etc. pflegten einen Vierspänner mit 40 Schiffpfund à 360 ℔ = 144 Centner (Netto) zu beladen, zuweilen auch mit 45 Schiffpfund. Bei einem Zweispänner war die Belastung pr. Pferd noch etwas grösser. Der Eisenbahntransport dagegen befördert beliebige Quantitäten in der kürzesten Zeit mit sicherer Ankunftsfrist und zu festen Sätzen und mit grösserer Geschwindigkeit. Es kann zeitweilige oder permanente Ermässigungen eintreten lassen, um gewisse Artikel, z. B. bei Theuerungen Kartoffeln, Korn u. s. w., billiger zu transportiren oder andere anzuziehen und transportfähig zu machen, was das Landfuhrwerk nicht leisten kann. Bei grossen Quantitäten lässt die Eisenbahn Differentialtarife eintreten und transportirt billiger, während der Preis des Landfuhrwerks dann zu steigen pflegt.

²) Man reist nirgendwo sicherer als auf Eisenbahnen. 1863 wurden 35 Passagiere auf den Grossbritannischen Bahnen getödtet und 401 verwundet. Von den Getödteten hatten 21 selbst Schuld wegen mangelnder Vorsicht, die übrigen 14 wurden durch Umstände getödtet, die ohne ihr Zuthun herbeigeführt waren. Sieben von diesen Beschädigungen wurden auf ein Mal in einem Zuge durch eine Kuh verursacht, welche auf die Bahn gekommen, übergefahren wurde und ein Entgleisen des Zuges verursachte. Von den 14 Getödteten kommt einer auf 14,615,362 Reisende. Von anderen Beschädigten durch Ursachen, die sie hätten vermeiden können, 1 auf 511,587, davon 105 leicht oder sehr-leicht verletzt. In demselben Jahre liefen 2,917,660 Züge in Grossbritannien. Davon passirten bei 6 Zügen Unglücksfälle ohne Schuld der Passagiere und die Zahl der übrigen mit Unglücksfällen war 49. Das heisst, in einem von 486,276 Zügen passirte eine Tödtung und in einem von 59,544 erlitten einer oder mehrere Passagiere Beschädigungen. Würde jede Minute einer der Züge einen gewissen Punkt passiren, so käme erst, wenn ununterbrochen Tag und Nacht gefahren würde, nach 337 Tagen und Nächten ein Zug, worin Tödtungen ohne Schuld der Passagiere vorkamen, und 41 Tage und Nächte, ehe ein Zug vorkäme, wo Personen, wenn auch nur leicht, durch Ursachen, die sie nicht abwenden konnten, verletzt wurden. Dagegen wurden jährlich, bloss in England und Wales, 17 Personen vom Blitz erschlagen.

Tod durch Unglücksfälle in 1862 (ausgenommen Selbstmord) kam in Grossbritannien vor durch:*)

	Personen:	Auf 1 Million Personen kommen:
Fracturen und Contusionen	5397	267
Verbrannte und verbrühte	2767	138
Ertrunken	2463	122
Erstickung	1219	61
Vergiftung	216	13
Brüche (Hernia)	782	—
Erschiessen	111	—

Nach anderen Mittheilungen sind auf den betreffenden Bahnen folgende Zahlen beobachtet:

	Getödtet.	Verletzt.	Zusammen. Getödtet u. verletzt
Grossbritannien und Irland (Mittel aus 10 Jahren)	1 : 6,680,324	1 : 350,534	1 : 333,058
Belgien	1 : 8,861,804	1 : 2,000,000	1 : 1,611,237
Frankreich (Mittel von 1853 und 1854)	1 : 1,703,123	1 : 479,814	1 : 375,092
Preussen (Mittel aus 1851 bis 1856) .	1 : 8,774,197	1 : 4,387,098	1 : 2,924,732
Grossherz. Baden (Mittel aus 10 Jahren)	1 : 17,514,917	1 : 1,154,331	1 : 1,082,186
Vereinigte Staaten in Amerika . . .	—	—	1 : 188,000

Interessant ist die Vergleichung dieser Zahlen mit den Unfällen bei den Diligencen der Messageries impériales und Messageries générales in Frankreich nach dem Berichte, der zur Vermeidung der Eisenbahnunfälle in Frankreich niedergesetzten Commission.

Messageries impériales Getödtet.	Verletzt.	Messageries générales. Getödtet.	Verletzt.	Im Durchschnitt Getödtet.	Verletzt.
1 : 334,553	1 : 29,676	1 : 381,065	1 : 30,082	1 : 335,463	1 : 29,871

Die Gefahr einer Verletzung ist also auf den preussischen Eisenbahnen 114 Mal und einer Tödtung 26 Mal geringer als auf den französischen Postwagen**).

³) Während früher in Kriegen die Heere auf ihren Märschen die Transportmittel in Anspruch nahmen und langsam vorrückten, wobei ihre Verpflegung grosse Schwierigkeiten hatte, geschieht jetzt die Concentrirung grosser Massen in kurzer Zeit und der sonstige Bahnverkehr ist oft ausser in den mit Krieg überzogenen Gegenden wenig behindert. Die Kriege werden ausserordentlich abgekürzt. Die französische Südbahn hat im italienischen Kriege täglich an 20,000 Mann transportirt. Vergl. über Frankreich und andere Länder bezüglich der Leistungen, unter

*) The Engineer. Oct. 26. 1864.

**) Zeitschrift des Hann. Arch. u. Ing.-Vereins. VIII. 1862. pag. 406 aus Berl. Bauz. IX. 1859.

Anderem die angegebenen Quellen*). Die Centralisation der französischen Eisenbahnen, welche sich spinnennetzartig von Paris über das Land verbreiten, ist ein grosser Factor in der Defensivkraft dieses Landes**).

Während eine gleiche Anzahl Truppen auf Etappenstrassen 60 Tage gebraucht, würden für dieselben auf Eisenbahnen 10 Tage erforderlich sein***).

Nach dem Maréchal de Saxe sind Beine im Kriege werthvoller als Arme****).

Lord Elcho giebt im Parlament an, dass mittelst der Eisenbahnen in England innerhalb 30 Stunden an irgend einem Orte 150,000 Mann Truppen concentrirt werden können nebst 60,000 Pferden und 100 Kanonen, und dass in 24 Stunden 80,000 Tagelöhner beschafft werden können, um Vertheidigungswerke für einen Platz aufzuwerfen †).

Die Eisenbahnen ziehen den Verkehr der ihnen parallelen Landstrassen an sich und öffnen den gegen sie gerichteten neuen Verkehr [1]), wesshalb mit ihrer Entwickelung das Bedürfniss der Vermehrung solcher Strassen entsteht. Sie concurriren mit den Wasserwegen und auch, wo sie parallel mit denselben angelegt sind, concurriren sie oder vielmehr sie unterstützen sich gegenseitig [2]). Sie sind von grossem Einfluss auf das Sinken der Preise der gewöhnlichen Nahrungsmittel und ermöglichen, dass neue Producte und Erzeugnisse an den Markt gebracht werden [3]). Nachdem die Einführung der Maschinenkräfte eine immense Production der Rohstoffe und Verarbeitung der Stoffe zur Folge gehabt hat, schaffen die Eisenbahnen die Möglichkeit, den erforderlichen Absatz zu bewirken. Die mittelalterlichen Hindernisse des Verkehrs, Wegezölle, Stapelrechte etc. müssen verschwinden.

[1]) Zu Anfang der Erbauung der Eisenbahnen feierten der Schmied, Wagner, Fuhrmann, Krämer etc. an der parallelen Landstrasse. Aber die neue Transportmethode steigerte den Verkehr und öffnete überreichliche neue Erwerbsquellen an den gegen die Bahn gerichteten Strassen. Das Landfuhrwerk, statt sich zu vermindern, vermehrte sich erheblich. Die Handwerker mussten sich vervollkommnen, Maschinenindustrie einführen, den Zunftzopf fallen lassen und sich den grossen Unternehmungen anschliessen. Die Eisenbahn trägt die Mittel zur Heilung und Unterstützung der durch sie Bedrängten in sich selbst, indem sie die Verbrauchsstoffe ihnen billiger zuführt und den Absatz erleichtert. Der kühne Muth, die stärker gewordene Energie, die Macht des Capitals und die Association der Kräfte scheuen vor keiner Aufgabe zurück und sie verwandeln die mühsamen Fusspfade durch die Gletscher und Schneefelder der Alpen in breite Eisenstrassen für den Verkehr. Die Werke der Neueren, welche die Eisenbahnen hervorgerufen (Durchtunnelung des Mont-Cenis, Niagara-Brücke, Pacific-Eisenbahn, Semmering- und Brenner-Bahn, ostindische Bahnen) übertreffen die Wunderwerke der alten Welt.

Durch den erleichterten Transport wird der Absatzmarkt erweitert, es kommen neue Producte und Erzeugnisse auf den Markt, die Preise sinken durch vermehrte

---

*) Zeitung des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen III. 1863. p. 138—140 und p. 473—474; VI. 1866. p. 343—345, auch das Eisenbahnwesen vom militair. Standpunkte. Wien 1863.

**) Vergl. Engel's Vortrag, Berl. Bauztg. 1864. pag. 309 aus Flachat Chemins de fer en 1862.

***) Ann. des ponts et chaus. 1862. Des Chem. de fer au point de vue militaire par Charié Marsaines.

****) The Engineer, Juny 3. 1864. pag. 335. Die Locomotive im Kriege.

†) The Engineer. März 16. 1866. pag. 195.

Concurrenz, und die Nachfrage vermehrt sich. Die Einkünfte und der Wohlstand steigen, und es entsteht Verzehr neuer Güter, die früher nur den Bemittelten zugänglich waren, unter den ärmeren Classen. Manche Waaren, z. B. Brennmaterial, Korn, Kartoffeln etc. werden erst auf weite Strecken transportabel. Während noch im vorigen Jahrhundert die Kornpreise um das 30- bis 40fache schwankten und während an einem Orte Ueberfluss, am andern Hungersnoth war, ist dies in einem mit Eisenbahnen überzogenen Lande nicht mehr möglich. Durch den gehobenen Wohlstand wird auch die Sittlichkeit befördert, ein hungriger Mensch ist für sittliche Wahrheiten nicht empfänglich, um ihm diese beizubringen, sollte man den Anfang damit machen seine materielle Lage zu verbessern.

2) Ein Blick auf die Karte zeigt, dass die Eisenbahnen häufig neben den Flüssen herlaufen, weil meistens die Flussthäler den besten Weg für ihre Anlage boten. Nichtsdestoweniger ist die Flussschifffahrt nicht verödet, sondern der Verkehr auf dem Flusse nimmt zu, wenn auch nicht in dem Maasse, wie auf der Eisenbahn. Auch kommen Fälle vor, wo Eisenbahnen parallel mit Canälen bestehen, und beide existiren können. Im Winter übernimmt dann die Eisenbahn die Vermittlung des auf den Wasserstrassen in kälteren Ländern stockenden Verkehrs (Bremen-Geeste-Bahn, Bahnen parallel mit dem Rhein, Rhein-Marne-Canal etc.).

2a) Die Hauptursache der Export- und Importsteigerungen sind die Eisenbahnen, nicht der Freihandel allein, wie sich dies an dem Beispiel mehrer Länder zeigen lässt *).

3) Der Effect der Eisenbahnen auf die Entwickelung gewisser Handelsbranchen zeigt sich z. B. durch Folgendes. Die drei bierbrauenden Departements in Frankreich sind das Mosel-, Oberrhein- und Niederrhein-Departement. 1860 sandten sie nach Paris auf der Ostbahn 97,215 Hectoliter Bier, in 1864 aber 157,866 Hectoliter. Im selben Jahre sandten München, Mainz und Frankfurt 15,422 Hectoliter nach Paris **).

Die Möglichkeit des Bestehens der grossen modernen Städte [1]) der grossen Mittelpunkte des Verkehrs, der Industrie und der Wissenschaft, ist jetzt ohne die Eisenbahnen kaum zuzugestehen. Sie fördern deren rasches Wachsthum, ermöglichen die Ernährung und lassen eine solche Ausdehnung derselben zu, dass keine gesundheitsschädliche Anhäufung und Verdichtung der Bevölkerung entsteht, indem die Einwohner, weit von den Hauptverkehrsplätzen der Stadt wohnend, täglich mit geringen Kosten zu denselben gelangen können. Viele segensbringende und fruchtbare Einrichtungen der Neuzeit sind erst durch die Eisenbahnen ermöglicht und würden, wenn durch diese der Transport nicht so rasch, billig und massenhaft geschehen könnte, nicht denkbar sein [2—9]).

1) Es bestanden zwar im Alterthume vermuthlich eben so grosse Städte wie z. B. London, z. B. Babylon, deren Verkehr und Bedürfnisse der Bevölkerung indessen weit geringer gewesen sind, und die desshalb verhältnissmässig weit gebaut waren ***). Dasselbe gilt von Pecking.

2) Die Anzahl Züge, welche täglich in Cannon-street-station in London ankommen, beträgt 264 und 261 gehen ab, zusammen 525 Züge, von denen 251 zwischen Cannon street St. und Charing-Cross Station gehen ****).

---

*) Deutsche Industrie-Zeitung Nr. 14. 1867. pag. 136. Beispiele.

**) The Engineer. Febr. 2. 1866.

***) Babylon, von F. Justi, Ausland Nr. 39. 1866. p. 913.

****) The Engineer. XXIII. 1867. pag. 207.

3) Die London Chatham and Dover Railway Company lässt jeden Tag Züge von Ludgate Hill bis Victoria Station, ausschliesslich für die arbeitende Classe bestimmt, laufen, für wöchentlich einen Schilling (10 Sgr.) täglich 2 Fahrten (hin und zurück). Die Entfernung zwischen den Stationen ist nahe 3 engl. Meilen, so dass man 36 engl. Meilen für 1 sh. fährt*).

4) In der Stadt Newyork beschäftigt man sich mit einem neuen Unternehmen, um nach dieser Stadt aus dem fernen Westen frisches Fleisch in grossen Quantitäten herbeizuschaffen. Auf eine Entfernung von 1000—1200 Kilometer holt diese Gesellschaft in eigens dazu gebauten und eingerichteten Eiswaggons das Fleisch von frisch geschlachteten Thieren herbei. Der Waggon, welcher bereits (Sommer 1867) mit einer völlig wohl erhaltenen Ladung aus Newark im Staate Ohio an 250 Stunden weit nach Newyork gekommen ist, kann das Fleisch von 6 Ochsen und 122 Schafen aufnehmen. Auf gleiche Weise sollen später Fische, Früchte, Gemüse, überhaupt alle Nahrungsmittel, die sich im Sommer nicht halten, aus dem weitesten Umkreise nach Newyork befördert werden.

5) Die Eisenbahnen führen jährlich oft auf eine Entfernung von 47 Meilen 59,200,000 Liter Milch in Paris ein, und 280,000 Liter werden täglich gebraucht. 1843 war der Verbrauch pro Kopf 71 Liter, im Jahre 1860 pro Kopf 103 Liter**).

6) London gebraucht monatlich vom Lande her 508,000 Gallons Milch, welche von etwa 20,000 Kühen geliefert werden. Jährlich für 660,400 Pfund Sterling***).

7) Die Eisenbahnen haben den Einfluss, dass sie die Stadtbevölkerung vermehren helfen durch die Absorption der Landbevölkerung und der der kleinen Städte. Am stärksten ausgeprägt ist diese Erscheinung in England, tritt aber auch in Frankreich und Deutschland (Paris und Berlin) hervor. Der Handel, der sich früher netzartig über das Land verbreitete, ist jetzt mehr in Hauptlinien zusammengeflossen. Durch die Erleichterung des Waarentransportes hebt sich der Handel so wie sich das Absatzgebiet der Industrie erweitert, und es ist eine stärkere Anwendung von Capitalkräften in der Industrie herbeigeführt worden, welche das Kleingewerbe immer mehr zurückdrängt oder ihm den Charakter der Fabrikarbeit aufnöthigt****).

8) Der Omnibus-Verkehr in London geschieht täglich mit 583 Omnibus mit 6189 arbeitenden Pferden mit täglich 137,000 Passagieren. (Mech. Mag. April 1. 1864). Es sind 13,000 concessionirte Omnibus und Droschkenkutscher und Conducteurs vorhanden (The Eng. 1867. XXIII. p. 291). — Am 23. Mai 1865 passirten London-Brücke innerhalb 24 Stunden, von Mitternacht zu Mitternacht, 6127 Cabs, 3981 Omnibus, 11050 Wagen, Karren etc., andere Vehikel 2564, lose oder berittene Pferde 183, Passagiere in Wagen 72,589, zu Fuss 91,080, Total 163,639 (The Engin. 1865. Juli 28. pap. 49). — In den 4 grossen Strassen, welche von der Bank ausgehen: Poultry, Morgate street, Cornhill und London bridge circuliren täglich zusammen 40,000 Wagen (1862), gegen 30,000 im Jahre 1850. Durch die verbesserte Communication (unterirdische Eisenbahn) wächst der Verkehr wieder erheblich, so dass die Omnibusse sich trotzdem vermehren†).

9) Anfang 1865 hatte Paris 565 Omnibusse, im Juni 1865 aber 664. In den Wintermonaten fiel die Zahl auf 632. Jeder Omnibus machte täglich durchschnittlich 53 engl. Meilen. Omnibus-Pferde waren 7376 vorhanden, oder 545 mehr als 1864. Jedes Pferd machte etwa 10 engl. Meilen pr. Tag. Die Anzahl Passagiere betrug 1865 = 101,228,900, oder 7,949,179 mehr als 1864. Davon fuhren 58,278,383 im Innern des Omnibus, die übrigen ausserhalb††).

---

*) Artizan, März 1. 1865.

**) Ausland, 1862. Nr. 29.

***) The Engineer. 1867. Januar 4. pag. 7.

****) Deutsche Industrie-Zeitung 1867. Nr. 47. pag. 466.

†) Civ. Eng. and Arch. Journal Nr. 1. 1865.

††) The Engineer. April 13. 1866. pag. 263.

Folgen für den geistigen Verkehr.

Der grosse Werth der verbesserten Communicationen, besonders der Eisenbahnen, beruht aber nicht bloss darin, dass der Verbrauch an materiellen Gütern und der Wohlstand sich vermehren, es entstehen durch sie auch eine vermehrte Berührung und Friction zwischen den Nationen und durch den mehr animirten Austausch der Geistesproducte der Wissenschaft, Literatur, Kunst und Poesie kann eine jede ihre Bildung verbessern und veredeln [1—2]).

[1]) Die Eisenbahnen haben einen unermesslichen Einfluss auf den Charakter der Nationen seit der etwa 40jährigen Dauer ihres Bestehens ausgeübt. Alle in engere Berührung kommenden Nationen werden vorurtheilsfreier und geistig reicher, indem sie die guten Eigenschaften ihrer Nachbarn sich zu eigen machen. Der Deutsche, unter denen man die Professoren par excellence und die Doctrinaire wie die abstracten Denker findet, der Franzose mit seiner Beweglichkeit und lebhaften Einbildungskraft und seinem Selbstvertrauen, der praktische und in allen Welttheilen unternehmende Engländer finden sich zusammen. Während die durch den Besuch fremder Länder und Aufnahme ausländischer Cultur und durch vielseitige Anschauungen gebildeten Menschen ihren Gesichtskreis erweitern und von den im Vaterlande ausgetretenen Bahnen abweichen, sind sie vortheilhaft von den einseitig Nationalen zu unterscheiden, und die Zahl der Philister und Spiessbürger ist in raschem Abnehmen begriffen. Die Kenntniss fremder Sprachen, mit deren jeder wir im Stande sind einen neuen Theil der ganzen Menschencultur und einen besonderen Geist in uns aufzunehmen, und die von dem geistig am meisten gebildeten und humansten Volk der Erde, den Deutschen, längst gepflegt wurde, wird auch bei anderen Nationen allgemeiner und die geistige Arbeit und die Intelligenz erhalten ein grösseres Feld, auf dem sie mehr unmittelbar concurriren können und gelangen zur verdienten Geltung. Einzelne Stücke Mittelalter, welche noch in die Jetztzeit hineinragen, sind zur Zeit noch Hindernisse, um die Bahnen, in welcher sich der Fortschritt bewegt, auf dem kürzesten Wege in die Massen sich abzweigen zu lassen. Diese Terrainhindernisse, welche noch den vielfach unterhöhlten Zufluchtsort einiger Privilegirten bilden und dem nur noch verwitterte mittelalterliche Institutionen zum Schutze dienen, werden von der immer rascher fliessenden Strömung unterspült und nivellirt werden. Die vielfache Verschlingung und Verzweigung der Interessen ganzer Nationen werden vielleicht noch eher, als es die wachsende Aufklärung vermag, dazu beitragen, dass der Widerwille der Völker, ihren Wohlstand und ihr Aufblühen durch Entzweiungen und Kämpfe gefährdet zu sehen, stark und allgemein genug werde, um vereint diejenigen Unruhstifter, welche die Kriegsfackel anzünden wollen, und einen grossen Theil der Bevölkerung anderer Länder verhindern, productive Arbeiten zu verrichten, und mit Sicherheit den Geschäften und Unternehmungen des Friedens nachzugehen, alsbald zu Boden zu werfen.

[2]) Das vergangene Jahrhundert wird als das der Philosophie, der Staatenbildung und der Revolution bezeichnet, und es hat den Erfolgen des denkwürdigen jetzigen Jahrhunderts vorgearbeitet, da es die Gesellschaft von dem Drucke des Feudalismus befreite und diejenigen zur Geltung brachte, welche wirklich arbeiteten. Im 19. Jahrhundert kommen vornehmlich die Anwendung der Wissenschaft auf die Technik und die Lehren der Nationalökonomie zur Geltung; die Erfindungen der Dampfschifffahrt, der Locomotive, der Telegraphie und der Photographie sind auf die Entwickelung des Menschengeschlechts von grossem Einflusse, den die jetzige Generation, weil sie inmitten dieser Wunder gross geworden ist, nicht so würdigen kann, als es die Nachkommen thun werden. Man sagt sehr bezeichnend, dass der Mensch „mit Dampf fährt, mit der Sonne zeichnet, und mit dem Blitze schreibt." Amerika würde sich ohne die Eisenbahnen und Dampfschifffahrt nicht im Entferntesten, so wie es geschehen, haben entwickeln können, und die gebildete Bevölkerung Europas ist in ihrer Denkungsweise, ihren Anschauungen seit 30 Jahren wunderbar verändert, so dass ihr die damaligen Zustände schon in nebelhafte Ferne gerückt scheinen, obgleich es erst etwa 100 Jahre

her ist, dass der finstere Aberglaube die letzte Hexe oder Zauberin verbrannte. Eine Rückbildung zu den Ideen vergangener Jahrhunderte, eine Umkehr der Wissenschaft, wie sie einige bedauernswerthe Zeloten wünschen, ist nach diesen Erfindungen nicht mehr möglich, sie sind uns durch ihren Einfluss die sicherste Gewähr für die Bewahrung und Ausdehnung unsrer geistigen und materiellen Freiheiten und Errungenschaften. So hat denn auch die Technik einen grossen Antheil an der Ausbildung des menschlichen Geschlechts, wie an der Erreichung der Segnungen einer hohen Cultur und der Humanität. Sowohl die stillen Arbeiten des gelehrten Technikers wie die Erfolge hervorragender praktischer Ingenieure haben die immensen Fortschritte des 19. Jahrhunderts mit herbeigeführt.

Die Behauptung einiger Zurückgebliebenen: dass durch die erleichterte Communication und ihre vielseitigen Folgen verderbliche Einflüsse auf die Bevölkerung, besonders die ländliche, sich geltend gemacht hätten, und dass man in den früheren patriarchalischen Verhältnissen glücklicher gewesen sei als jetzt, werden nur noch von denen, welche die Verdummung des Volkes für nützlich halten, vertheidigt, aber ohne Erfolg, denn ihre Bestrebungen erregen höchstens das mitleidige Bedauern des Gebildeten. Während der gemeine Mann das erste Dampfschiff zertrümmerte und die Maschinen zerstörte, ist er jetzt, nicht bloss in dem am meisten aufgeklärten Deutschland, überzeugt, dass diese Erfindungen ihm die grössten Wohlthaten bereitet haben und seine geistige wie materielle Lage unendlich verbesserten, obgleich Einzelne anfänglich durch diese Neuerungen zu leiden hatten.

Zu den am meisten in die Augen fallenden Erfolgen der Verbesserung der Communication, speciell der Eisenbahnen, können wir noch zählen die Hebung des Postverkehrs, des Zeitungswesens und des Buchhandels, alles Mittel, welche zur Ausbildung unserer Kenntnisse und Erweiterung unseres Gesichtskreises mächtig beitragen [1]—[3]).

Die electrischen Telegraphen, welche in ihren Anfängen von 1840 datiren, haben auf der ganzen Erde jetzt (1867) über 12000 Stationen, welche täglich durchschnittlich 58000 Depeschen versenden. Das Anlagecapital derselben ist auf 416 Millionen Francs geschätzt worden.

[2]) Der Gesammtbriefverkehr (in den unten genannten 9 Staaten) in Europa wird im Jahre 1865 auf etwa 1708 Millionen Briefe jährlich geschätzt. Die Gesammtzunahme gegen 1860 hatte etwa 309 Millionen Stück, also 24 Procent von 1860 betragen, die Zunahme der Druckschriften 181 Millionen Stück, d. i. 36,1 Procent von 1860. Es participiren an dieser Zunahme nach Procenten:

	Zunahme des Briefverkehrs nach Procenten.	Zunahme des Zeitungsverkehrs nach Procenten.
England	12,2	3,0
Frankreich	4,0	12,9
Deutsche Staaten	2,7	13,1
Italien	1,8	1,2
Oesterreich	1,1	2,6
Belgien	0,8	1,9
Schweiz	0,7	1,0
Niederlande	0,4	0,4
Schweden	0,3	—

(Aus Offic. Ausstell.-Bericht vom k. k. österr. Cent.-Comité. 1867. 2. Lieferung, Verkehrsmittel.)

[3]) In England werden jährlich 800 Millionen Briefmarken gemacht, in den Vereinigten Staaten wurden 1860 40 Millionen Freicouverts und 350 Millionen Marken im Gewicht von 400 Centner verkauft, die, neben einander gelegt, 48½ englische

□ Meilen einnehmen würden, in Frankreich 1849 19 Millionen, 1865 414 Millionen Briefmarken, 1866 aber 450 Millionen.

Die häufigen Zusammenkünfte der Männer der Wissenschaft und Praxis, der Naturforscher, Aerzte, Juristen, Statistiker, Archäologen, Architecten und Ingenieure, Künstler, Landwirthe, Handwerker und Arbeiter wären in ihrer jetzigen Ausdehnung ohne Eisenbahnen nicht möglich, und die Zusammenkünfte der Turnvereine, Schützenvereine und Liedertafeln sind von nicht zu unterschätzendem Werthe.

Die Wunder der Jetztzeit, die Industrie-Ausstellungen, wie solche in London und Paris stattgefunden haben, hätten ohne Eisenbahnen nicht ausgeführt werden können. Ihre Erfolge sind aber nicht geringer als die grosser Eroberungen, und dabei friedlicher Art, die jeder der dabei betheiligten Nationen zu Gute kommen, da sie sich einander achten und begreifen lernen, dass der Intelligenteste der Stärkste auf allen Gebieten sein wird. Wir haben für unsere Arbeiten die Gewissheit, dass jede mühevoll erstrebte geistige Errungenschaft des Einzelnen dazu beiträgt, die Interessen der Menschheit zu fördern, und dass die Fortbildung unbegrenzt zunehmend sich in festen Bahnen bewegt, ein Satz, dessen Wahrheit dem denkenden und beobachtenden Menschen nicht zweifelhaft ist, und dessen Richtigkeit nur von einzelnen Finsterlingen, welche hinter ihrer Zeit zurückgeblieben, an den künftigen Verfall und die Rückbildung der Menschheit glauben, angefochten wird.

Nach allem Obigen scheint der Ausspruch des berühmten Buckle in seiner „History of civilisation“ *) keine Uebertreibung, wenn er sagt: „Die Locomotive hat mehr gethan, um die Menschen zu vereinigen, als alle Philosophen, Dichter und Propheten vor ihr seit Beginn der Welt“. Und während die Technik danach mit Befriedigung auf ihre Leistungen zurückblicken darf, haben ihre Jünger die Aufgabe, die Leistungen ihrer Vorgänger zu übertreffen und zu zeigen: dass die Techniker durch ihre Thatkraft, ihre Intelligenz und ihr Wissen nicht weniger leisten, als jeder andere Stand. Der nützlichste Mensch ist der Grösste.

*) Vergl. auch Mech. Mag. II. 1859. pag. 35.

Capitel II.

Kurze Uebersicht der verschiedenen Arten von Communicationen und der benutzten oder vorgeschlagenen Motoren.

Landtransporte.

A. Unvollkommenste Wege.

Motoren: Mensch und Lastthier.

B. Durch Kunst verbesserte, gebahnte und geebnete Wege.

Motoren: Mensch und thierische Kräfte zum Tragen oder Ziehen an der Schleife oder am Wagen.

C. Künstlich befestigte Wege.

1) Geebnete Wege für die Landwirthschaft, Kiesdecken etc.

2) Decken von Steinschlag und Pflaster aus Stein, Holz, Eisen etc.

3) Steinbahnen als Gleise in befestigten Wegen, von härterem und glatterem Material, z. B. Granit etc.

4) Holzbahnen, aus Holzschwellen und Bohlen, nur aus Bohlen etc.

Motoren: Mensch und thierische Kräfte mittelst Schleife oder Schlitten, Wagen und Dampf in der Strassenlocomotive.

D. Künstlich befestigte Wege von grosser Vollkommenheit: Eisenbahnen.

Motoren und deren Verwendung:

1) **Menschen u. Zugthiere** an Fuhrwerken.

2) **Schwere:**
a) herabgehende Lasten,
b) mit Wasser gefüllte Kasten,
c) Nutzbarmachung der Schwere: Mahovos, Comprimiren von Luft etc.

3) **Feststehende Dampfmaschinen:**
a) directe Seilzüge,
b) Agudio's System,
c) zum Comprimiren oder Verdünnen von Luft.

4) **Wasserkraft:**
a) Wasserräder zum Aufziehen auf schiefen Ebenen,
b) selbstwirkende Wasserräder,
c) Girard's chemin glissant,
d) zum Comprimiren und Verdünnen von Luft.

Atmosphärische Bahnen:
a) Clegg und Samuda,
b) Rammells pneumatic despatch,
c) Sydenham-Bahn.

5) **Locomotive:**
a) mit Adhäsion auf den Schienen,
b) mit Vermehrung der Adhäsion durch Klemmräder, Zahnstangen, Keilnuthen, Magnetismus etc.

6) **Electromagnetische Kraft:**
a) Maschinen von Page,
b) von de Rouvre u. Bellet etc.

7) **Gasmaschinen:** Knallgas, Kohlensäure, Ammoniakgas etc.

Unvollkommenste Wege und leichte Transporte.

Die unvollkommensten Wege wurden bald verbessert, indem man sie durch Ebnung zur Benutzung für Schleifen und Wagen brauchbar machte. Die Verbesserung des Weges und Vervollkommnung des Transportgeräthes gingen Hand in Hand und bedingten einander gegenseitig. Bei Ausdehnung der Landwirthschaft tritt schon das Bedürfniss mehr geebneter Wege auf, deren Befestigung noch primitiv ist und dadurch geschieht, dass man durch Anlage von Gräben zur Seite des Weges ihn trocken zu legen sucht, mit Hülfe der Grabenerde aufhöht und durch eine das Wasser durchlassende, das Abtrocknen befördernde Schicht von Kies befestigt.

Befestigung bei schwereren Transporten, Pflaster und Steinschlag.

Wo schwerere Transporte vorkommen, genügt diese Befestigung nicht mehr sondern man befestigt den Weg mit Steinen, welche zuerst in verschiedener Grösse in den Boden eingegraben werden und von unregelmässiger Form sind. Später wendete man eine durchlässige Bettung von Kies oder Sand an, wobei zugleich eine gute Vertheilung des Drucks und Ableitung des durch das Pflaster eindringenden Himmelwassers erreicht wurde, bearbeitete bei dem bessern Pflaster die Steine, machte sie mehr von gleicher Grösse, um ein gleiches Sacken der einzelnen bei Belastung und gleichmässige Abnutzung herbeizuführen, und sorgte für Wölbung oder Neigung der Fahrbahn nach der Quere, von der Mitte nach jeder Seite, um das Himmelwasser von der Decke rasch abzuführen. Zum Pflaster dienen harte und dauerhafte Steine, auch Holz, und in neuerer Zeit, besonders in grossen Städten, wo die starke Abnutzung dem Verkehr lästige Reparaturen oft herbeiführt, sucht man durch Anwendung des Gusseisens diese herabzuziehen. In Ländern, wo schwere Transporte vorzugsweise auf dem Wasser geschehen (Canäle in Holland), kann das Pflaster für den sonstigen Verkehr nur schwach und z. B. von gebrannten Steinen genügend haltbar hergestellt werden (Klinkerstrassen).

In Ermangelung geeigneten Materials zum Pflaster und wegen der meist grösseren Anlagekosten desselben, wendet man Steinschlagdecken an, welche aus zerschlagenen Steinen auf durchlässiger Unterlage, in mehreren Lagen hergestellt werden, oft von verschiedenem Material, das härtere wegen der grösseren Abnutzung oben auf (Macadamisirte Strassen).

Wichtigkeit der Chausseewalze.

Eine wesentliche Verbesserung erfahren diese Decken durch das Walzen der verschiedenen Lagen, um sie von vorneherein zu comprimiren und zu dichten, was sonst erst allmählig durch das Fuhrwerk geschah, wobei die Steine die scharfen Ecken verloren und sich nicht gut durch ineinander-keilen und -haken verbanden. Die Einführung der Walze, welche in neuerer Zeit auch zum Niederwalzen des gerammten Pflasters benutzt wird, hat in dem Bau der Steinschlagbahnen eine neue Aera eröffnet, so dass sie jetzt erst den Namen Kunststrassen verdienen.

Glatte Steinspuren im Pflaster.

Die Nothwendigkeit, dass die Hufe der Zugthiere auf dem Boden genügende Festpunkte finden, verbietet eine sehr glatte Bahn, während Glattheit für die Räder der Fuhrwerke erwünscht ist. Man kann daher in einer Steinschlag- oder Pflasterbahn Streifen von hartem glatten Stein, oder auch der Länge nach gelegte Steinschwellen anbringen, worauf die Räder der Fuhrwerke laufen. Derartige Steinbahnen waren schon im Alterthum gebräuchlich und finden sich jetzt mehrfach in Städten angelegt (Berlin: Wilhelmsstrasse). Vielleicht wird durch eine derartige Anordnung die Benutzung der Strassenlocomotive ermöglicht, welche auf gewöhnlichem Pflaster und Steinschlag erheblichen Stössen und Beschädigungen ausgesetzt ist, wenn sie mit grösserer Geschwindigkeit sich bewegen soll.

Holzbahnen als Vorläufer der Eisenbahnen.

Die Holzbahnen sind entweder aus nach der Quere der Strasse neben einander gelegten Stämmen, oder aus Bohlen, welche sich kreuzen und auf weichem Untergrunde eine tragende Decke bilden, oder auch auf einen Rost von Schwellen angebracht sind, hergestellt. Endlich legt man auch hölzerne Langschwellen, welche, durch Querschwellen unterstützt, eine Bahn für Fuhrwerk von gleicher Spurweite abgeben, während man das Ablaufen der Räder durch seitlich angebrachte Führungen von Bohlen, die über den Langschwellen hervorstehen, verhindert. Die Abnutzung, welcher diese Schwellen unterworfen sind, führte darauf, auf denselben Eisenplatten von Gusseisen (cast iron tram plates) anzubringen, womit ohne Zweifel die ersten Anfänge einer Eisenbahn hervortreten (1676 bei Newcastle upon Tyne).

Lief auf diesen Schienen Fuhrwerk, welches auch auf anderen Wegen fahren sollte, so erhielten sie zur Führung der Wagenräder erhöhte Ränder; während, wenn die Wagen nur auf diesen Bahnen

liefen, man die Schiene flach machte und die Radreifen mit Vorsprüngen, Flanschen, versah, wodurch sie Führung erhielten und verhindert wurden das Gleis zu verlassen. Es folgen dann kurze gusseiserne Schienen auf Steinblöcken (1797), gegen 1800 gusseiserne Schienen von Fischbauchform auf Steinblöcken und in gusseisernen Stühlchen befestigt, für Räder mit Flanschen, (edge rails), und gleichzeitig schmiedeeiserne Schienen, welche für leichte Wagen aus Stangen von $^5/_4$" im Quadrat bestanden (Nixon). Um 1820 stellte man gewalzte schmiedeeiserne fischbauchförmige Schienen von 12—15 Fuss Länge her (Birkenshaw) und später (1835) befürwortete Brunel die auf ihrer ganzen Länge gleich hohe oder die Parallelschiene, welche auf Steinwürfeln oder auch auf Holzunterlagen, Langschwellen und Querschwellen, in verschiedener Querschnittsform und verschiedener Befestigungsweise bis auf den heutigen Tag verwendet wird. Weitere Ausführungen gehören in den Eisenbahnbau.

Die Vortheile der glatten Oberfläche sind relativ kleiner bei stark geneigten Strassen.

Die Verbesserung der Fahrbahn, womit also eine Verminderung des Widerstandes auf der Strasse verbunden ist, ist von um so grösserem Effect, je weniger geneigt die Strasse ist, da der Einfluss der Verminderung der Reibung gegen das grosse relative Gewicht auf der schiefen Ebene bald verschwindet. Ist der Widerstand auf einer horizontalen Chaussee $^1/_{30}$, auf einer horizontalen Eisenbahn, je nach deren Unterhaltung und Beschaffenheit der Fuhrwerke z. B. $^1/_{300}$, so kann eine 10fache Last auf letzterer mit gleicher Zugkraft fortgeschafft werden. Kommen aber Steigungen von z. B $^1/_{20}$ in beiden vor, so ist der Widerstand auf der Chaussee $^1/_{30} + ^1/_{20} = ^1/_{12}$ und der auf der Eisenbahn $^1/_{20} + ^1/_{300}$ = nahe $^1/_{20}$, so dass auf der Eisenbahn nur noch im Verhältniss von 5 : 3 mehr transportirt werden kann. Es folgt also, dass es angemessen ist, um so mehr geringe Steigungen bei Strassen anzustreben, je besser sie befestigt sind, wesshalb auch Eisenbahnen, dem Terrain weniger folgend als Chausseen, erheblichere Anlagekosten wegen der Erdarbeiten, (abgesehen von sonstigen Bauten) grosse Dämme, tiefe Einschnitte erfordern. Es folgt ferner hieraus, dass das Uebergewicht stark steigender Eisenbahnen über Chausseen weniger in dem verminderten Widerstande, als in der Möglichkeit die Dampfmaschine (Locomotive) anzuwenden, beruhen bleibt.

Einfluss der grossen Geschwindigkeit und des Luftwiderstandes bei Eisenbahnen.

Bei Eisenbahnen kommen erheblich grössere Geschwindigkeiten als bei Chausseetransporten vor, und es tritt dann überwiegend der Luftwiderstand ein, von dem man annimmt, dass er mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, während er bei der langsamen Bewegung auf Chausseen nicht in Frage kommt. Dies ist auch der Grund, dass die Kosten der Zugkraft bei grösseren Geschwindigkeiten auf Eisenbahnen erheblich zunehmen, wesshalb man ein Interesse daran hat, die Güterzüge möglichst langsam fahren zu lassen, soweit es nur der Verkehr der rascher fahrenden Personenzüge, welche mit den genannten Zügen kreuzen, oder sie überholen, zulässt. Ueberdies verursacht die grössere Geschwindigkeit erhebliche Kosten an Unterhaltung des Betriebsmaterials, und der Oberbau wird sehr mitgenommen, die Schienen nutzen sich bei gleich grossen darüber geführten Lasten nahezu proportional der Geschwindigkeit ab, wesshalb nicht etwa in der mit vergrösserter Geschwindigkeit vermeintlich verbundenen Gefahr, sondern in den hohen Kosten eines solchen Betriebes der Grund liegt, dass man die jetzige Geschwindigkeit auf Eisenbahnen kaum zu vergrössern bestrebt ist.

Man nimmt wohl an, dass das Pferd auf der Chaussee, durch die Stimme des Fuhrmanns und die Peitsche angetrieben, auf kurze Zeit das Doppelte seiner gewöhnlichen Zugkraft bei Verringerung der Geschwindigkeit leisten, und daher mit der Maximalladung, die es auf der Horizontalen zog, belastet, diese Ladung eine nicht zu lange Steigung heraufbringen kann, deren Tangente gleich dem Widerstandscoefficienten des Fuhrwerks auf der fraglichen Strasse, welcher von der Beschaffenheit der Oberfläche letzterer am meisten abhängt, ist. Aehnlich kann die Locomotive, welche für gewöhnlich mit Expansion, also mit Dampf-Admission auf nur einen Theil ihres Kolbenlaufes arbeitet, auf kurze Zeit, wenn fast volle Dampffüllung gegeben wird, ihre Zugkraft um etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$ der gewöhnlichen vermehren; für längere Zeit würde, weil wegen verringerter Blasrohrwirkung die Dampfproduction abnimmt, dies Verhältniss der Mehrleistung nicht bestehen bleiben. Weil nun eine überdies vorgenommene Verringerung der Geschwindigkeit die Widerstände bei einem raschen Personenzuge erheblich herabzieht, bei einem Güterzuge aber die Geschwindigkeit wenig mehr verringert werden kann, so folgt, dass bei einer Bahn, wenn solche für Personenverkehr nur bestimmt wäre, (was übrigens nicht leicht vorkommt) viel stärkere Steigungen vorkommen können, damit die Locomotive mit der auf der Horizontalen für sie bei grosser Geschwindig-

keit passenden Belastung diese Steigungen mit Verringerung ihrer Geschwindigkeit und grösserer Dampffüllung noch überwinden könne, als bei einer vorwiegend für Güterzüge bestimmten Bahn zulässig sein würden, da bei letzterer die zulässigen Steigungen nur von der Veränderlichkeit der Zugkraft abhängig sind. Es ist desshalb die Tracirung einer vorwiegend für Güterverkehr bestimmten Eisenbahn, nicht so zwanglos wie sie es bei einer Personenbahn sein würde, noch abgesehen davon, dass auch Maschinen für leichtere Personenzüge im Allgemeinen eher so gebaut werden können, dass sie durch Curven von kleinem Radius gehen, als schwere Gütermaschinen, welche wegen der zahlreichen gekuppelten Achsen meistens einen grösseren festen Achsstand haben, obgleich man durch sinnreiche Constructionen (Beugnot, Petiet, Fairlie, Adams, Haswell etc.) diesen Uebelstand in neuester Zeit erheblich herabzuziehen verstanden hat. Mit der Vervollkommnung in der Biegsamkeit der Maschinen gewinnt man auch betreffs der Anlage der Curven bei Eisenbahnen grössere Freiheit, wesshalb die Fortschritte in der Vervollkommnung der Locomotiven und Wagen für den Eisenbahntechniker von grosser Wichtigkeit sind.

Ein ähnliches Verhältniss findet nach dem Obigen bei Chausseen statt, so dass die für schweren Frachtverkehr bestimmten in ihren Steigungen weniger von der Horizontalen abweichen dürfen, als die für den Personenverkehr, welche daher zwangloser und mit geringeren Kosten zu traciren sein würden.

Vergleichung der Motoren auf Eisenbahnen: Thiere mit geringer Geschwindigkeit, Maschinen mit fast beliebiger.

Was nun ad D die auf Eisenbahnen verwendeten Kräfte angeht, so kommen menschliche Kräfte nur auf kurzen Entfernungen, meistens bei Transporten von Erde beim Bau der Eisenbahnen, bei industriellen Anlagen etc. vor, weil diese Kraft anstelliger ist bei den für kurze Transporte häufiger vorkommenden Manipulationen: um die Wagen in die Gleise zu bringen, sie auf Drehscheiben zu drehen, sie zu entladen etc., ausserdem ist die Anzahl bei veränderlichen Transportquantitäten leicht zu verringern oder zu vermehren, und bei Stockungen des Transports können die Arbeiter meistens anderweitig beschäftigt werden.

Für grössere Entfernungen zieht man Zugthiere (Pferde, Maulthiere, Elephanten etc.) vor, welche die Zugkraft billiger leisten und bei grösseren Massentransporten, weil weniger Motoren erforderlich, leichter unterzubringen sind als zahlreiche Menschen. Bei beiden

Transporten müssen bei steigenden und fallenden Bahnen reichlich Bremswagen vorhanden sein, weil man nicht, wie bei Locomotivbahnen, in dem Motor selbst einen kräftigen Bremser besitzt; es sind deshalb starke Steigungen in sonst flachen Bahnen, bei mit Menschen und Thieren betriebenen Bahnen selbst unbequemer als beim Locomotivtransport, obgleich man gewöhnlich glaubt, dass es bei derartigen untergeordneten Bahnen auf günstige, nicht sehr abweichende Gradienten, also ein vortheilhaftes Profil weniger ankomme. Bei der erheblichen Abnahme der Zugkraft und der mechanischen Leistung menschlicher und thierischer Motoren bei nur geringer Zunahme der Geschwindigkeit, müssen diese, verglichen gegen Transporte mit Maschinen (Strassenlocomotive, Eisenbahn-Locomotive) stets mit geringer Geschwindigkeit arbeiten, um vortheilhaft genug zu bleiben. Für Leistungen von Maschinen ist die Geschwindigkeit, mit welcher der Transport geschieht, innerhalb gewisser Grenzen gleichgültig, wodurch die Anwendbarkeit von Maschinenkraft viel allgemeiner möglich ist*).

Benutzung der Schwere. Uebergewicht der herabgehenden Lasten.

Die Schwere kann auf Eisenbahnen dann am vortheilhaftesten benutzt werden, wenn die Lasten vorwiegend von Berg zu Thal gehen, wie es bei kleinen Bahnen, z. B. für den Bergwerksbetrieb und in ähnlichen Fällen vorkommen kann. Eine der ältesten Einrichtungen der Art war auf einer schiefen Ebene bei Newcastle angebracht, wo die herabgehenden gefüllten Wagen an einem Seile ein Gewicht, welches in einem oben befindlichen verlassenen tiefen Schachte auf- und niederging, aufzogen, während die entleerten Wagen durch das wieder heruntergehende Gewicht wieder aufgezogen wurden. Oder man benutzt bei sogenannten Bremsbergen, wie sie bei Bergwerken und bei Erdtransporten vorkommen, wenn genügender Ueberschuss der herabgehenden Last und genügendes Gefälle um die Bewegungswiderstände (Reibungen und Seilwiderstand) zu überwinden und den Zug genügend zu acceleriren vorhanden ist, die auf einem Gleise herabgehenden gefüllten Wagen, um die auf einem daneben liegenden zweiten Gleise befindlichen leeren oder nur theils gefüllten Wagen heraufzuziehen. Es genügt auch dabei ein

*) Der Vorschlag von Ruaulx, Pferde zur Locomotion so zu benutzen, dass man sie auf einer Tretscheibe laufen lässt, die auf dem Wagen liegt, wobei also beliebige Uebersetzung der Geschwindigkeit angebracht werden kann, ist wenigstens befremdend. Pol. Centr. XX. 1854. p. 311. — Vergl. über Leistung von Pferden auf Eisenbahnen bei verschiedenen Geschwindigkeiten, Bousson, in Ann. pont. V. 1863. p. 314—382 sehr ausführlich.

Gleis mit einer Verdoppelung an der Stelle anzulegen, wo sich die hinab- und hinaufgehenden Züge kreuzen. Die Bewegung wird durch eine Bremsscheibe regulirt, daher der Name Bremsberg. Diese schiefen Ebenen sind nicht selten oben steiler als unten, um den Zug anfänglich rasch acceleriren und später leichter seine Geschwindigkeit mässigen zu können, so dass also das Profil der Bahn eine concave Curve ist, ähnlich etwa der Form einer Cykloide, wo die Tangente am Scheitel horizontal ist [1 u. 2]).

Hinunterlaufen von mit Wasser gefüllten unten zu leerenden Kasten.

Ist das Uebergewicht der herabgehenden gefüllten Kasten nicht genügend, um bei der nur vorhandenen Steigung der Bahn die leeren und eventuell einige mit der zu Berg gehenden Last gefüllten Wagen aufzuziehen, so hat man auch wohl auf dem Berge vorhandenes Wasser der Art zu Hülfe genommen, dass man solches in Kasten füllte, welche die Ebene hinabliefen und mittelst eines um eine oben befindliche Bremsscheibe befindlichen Seils die Last und die auf diesem Gleise befindlichen leeren Wasserkasten zu Berg zogen; unten liess man das Wasser ablaufen und der Betrieb mit der Last geschah auf dem einen und dem anderen Gleise abwechselnd [3]).

Zuhülfenahme von Maschinen bei Ebenen geringer Steigung.

Ist die Ebene nicht von genügender Steigung um Lasten auf diese Weise heraufzuziehen, laufen aber die Fahrzeuge von selbst noch hinab, so kann man die Leistung eines Wasserrades, einer Dampfmaschine oder eines überhaupt hinzukommenden Motors zu Hülfe nehmen, um die Lasten aufzuziehen, wobei die hinuntergehenden Lasten oder Wagen den Motor unterstützen, indem ihr Seil um eine neben der einen Treibscheibe auf derselben Welle befindliche, gleich grosse andere Treibscheibe in umgekehrtem Sinne geschlungen ist; laufen aber die Wagen nicht mehr von selbst hinunter, ist also das relative Gewicht auf der schiefen Ebene nicht gross genug, um sämmtliche Widerstände zu überwinden, so muss man die in beiden Gleisen befindlichen Seile an ihrem unteren Ende verbinden und um eine Scheibe, deren Durchmesser z. B. gleich der Entfernung der Gleise ist, gehen lassen und die vorhin erwähnten zwei Scheiben oben anbringen, oder man hat unten und oben je eine Scheibe, von welchen meistens die obere die getriebene ist, und ein Seil ohne Ende. Die eine Scheibe wird durch ein Gewicht in der Richtung der Bewegung stets so angezogen, dass das Seil in Spannung bleibt, das Gewicht ist in einem kleinen Schachte befindlich, in welchem es um die Ausdehnung des Seils auf- und niedergehen kann.

Weitläufigkeit eines vom gewöhnlichen abweichenden Betriebes bei Locomotivbahnen.

Auch bei Locomotivbahnen hat man auf einzelnen stark geneigten schiefen Ebenen früher die Schwere zu Hülfe genommen und den herabgehenden Zug benutzt, um dem hinaufkommenden mit einer Locomotive bespannten zu Hülfe zu kommen, wobei man überdies noch den herabgehenden Zug mit der anderen wieder herabgehenden Locomotive bespannte, um deren Schwere nutzbar zu machen, event. sie durch ihre Zugkraft der hinaufkommenden zu Hülfe kommen zu lassen (Düsseldorf-Elberfelder Bahn). Diese Einrichtungen sind jetzt als den regelmässigen Betrieb zu sehr unterbrechend und als zeitraubend beseitigt, und die Locomotive ersteigt, mit geeigneten Vorrichtungen zur Vermehrung der Adhäsion versehen, Steigungen bis $^1/_{12}$; ja sie würde solche nach der Ansicht Einiger auch ohne Weiteres ersteigen können[35]). Indessen ist es unvortheilhaft, einen so schweren Motor eine starke Steigung hinauf eine Last ziehen zu lassen, weil man die Ladung bis zuletzt, wo nur die Adhäsion genügt, dass die Locomotive sich selbst hinaufziehen könne, bis zu Null verringern müsste, wo also die Transportkosten der Ladung unendlich gross werden würden.

Versuche die Arbeit beim Niedergehen des Zuges anzusammeln und beim Aufsteigen wieder zu verwerthen.

Bei den herabgehenden Zügen auf Locomotivbahnen mit wechselnden Gefällen und Steigungen, verrichtet die Schwere eine Arbeit, welche man grösstentheils wieder gewinnen könnte, wenn man gestatten könnte, dass die Schwere die Züge beliebig accelerirte, weil man dann die aufgehäufte Arbeit, die der Masse des Zuges, mit dem halben Quadrat der Endgeschwindigkeit multiplicirt, annähernd entspricht, zum Aufsteigen benutzen könnte; aber man darf die Geschwindigkeit nur bis zu einem gewissen Maasse aus Gründen der Sicherheit steigern und muss desshalb die sonst zu Stande kommende Arbeit durch Bremsen aufheben, so dass bei der grösstzulässigen Geschwindigkeit angekommen, der Zug sich gleichmässig bewegt. Die durch das Bremsen verzehrte Arbeit ist also verloren. Ausserdem würde man bei nicht gehöriger Regulirung der Geschwindigkeit beim Herabfahren und nicht genügend angesammelter Arbeit des Zuges Gefahr laufen, beim Aufsteigen die Höhe der Steigung nicht zu erreichen und der Zug würde auf derselben liegen bleiben oder müsste den Anlauf noch ein Mal versuchen. Diese Art der Benutzung der Schwere ist daher für den regelmässigen und ungestörten Betrieb zu bedenklich.

Durch Comprimiren von Luft und Ansammeln der Arbeit in einem Schwungrade.

Man hat daher vielfach Anordnungen zu ersinnen gesucht, um die Schwere bei herabgehenden Zügen nutzbar zu machen, indem man sie z. B. benutzen wollte, um in mitgeführten Kesseln Luft zu comprimiren (Wilhelmy, Parsey, Dombre, Willy [5, 6, 7 u. 8]), oder indem man die durch die Bremsen aufgenommene Arbeit auf Federn, welche sich nachher wieder ausdehnten, zu übertragen suchte u. s. w., aber solche Versuche haben bislang kein praktisch brauchbares Resultat ergeben, wenn man nicht etwa hierhin das Reversiren der Locomotivsteuerung zum Zwecke des Bremsens rechnen will, wo Luft in den Kessel gepresst wird.

Eine andere Idee bestand darin, ein grosses und sehr schweres Schwungrad mit horizontaler Achse auf einem Wagen mitzuführen, welches durch den herabgehenden Zug bis zu einer enormen Geschwindigkeit accelerirt, seine aufgehäufte Arbeit an den hinauffahrenden Zug wieder abgab, (Mahovos von Schuberszky und Meisels Apparat[9]), aber abgesehen von der schwierigen praktischen Herstellung eines solchen Apparates, der durch die Centrifugalkraft zerstört werden könnte und dass er in Folge eines mechanischen Gesetzes (Gyroskop) nicht durch Curven geht ohne zu entgleisen, würde eine Hülfslocomotive von demselben Gewichte wahrscheinlich vortheilhafter sein.

Locomotivbetrieb wegen Gewichts des Motors auf starken Steigungen ungünstig.

Der Locomotivbetrieb wird bei starken Steigungen desshalb sehr ungünstig in Bezug auf den Nutzeffect, weil sich dieser schwere Motor selbst mit hinaufbewegen muss, und ausserdem kann derselbe keine steileren Ebenen mehr ersteigen, wenn seine Adhäsion oder die Reibung zwischen Schiene und Treibrädern nicht mehr ausreicht. Seine Zugkraft ist also gleich dem auf den Treibrädern ruhenden Antheil des Eigengewichts (bei Berglocomotiven gewöhnlich, weil alle Achsen gekuppelt, das ganze Gewicht) multiplicirt mit dem Reibungs- (oder Adhäsions-Coefficienten), welcher der Sicherheit wegen nicht über $^1/_6$, gewöhnlich nur $^1/_9$ gerechnet werden darf, obgleich man ihn bis zu $^2/_5$ unter günstigen Umständen (trockene Schienen, kleine Treibräder) schon beobachtet haben will. Auf einer Steigung von $^1/_6$ würde also die Locomotive nur sich selbst hinaufbewegen und keine Last ziehen können, wenn man die verhältnissmässig geringe rollende Reibung, um deren Coefficient man sich die schiefe Ebene steiler denken kann, vernachlässigt.

Es lag daher nahe, den Versuch zu machen, den Motor nicht selbst mit zu bewegen; dies führt auf die schiefen Ebenen mit feststehenden Dampfmaschinen und Seilzügen und auf die sogenannten atmosphärischen Bahnen.

Schiefe Ebenen mit feststehenden Maschinen und directem Seilzuge.

Bei den schiefen Ebenen mit Seilzügen (Lüttich, la Croix-Rousse, Altona-Kiel [11]) sind eine feststehende Dampfmaschine oder ein Wasserrad [10]) am Scheitel oder Fuss der schiefen Ebene, oder auch auf einer Horizontalen zwischen zwei Ebenen vorhanden, welche ein Seil, an dessen Ende die Züge gehängt werden, oder auch ein Seil ohne Ende bewegen, an welches mittelst geeigneter Klemmvorrichtung der Zug befestigt wird und wo wieder bei einem Seil ohne Ende der hinabgehende Zug dem heraufkommenden helfen kann. Das bewegte Seil ist stark genug um den Zug ziehen zu können und daher von beträchtlichen Dimensionen, und die Wagen sind, um beim Bruch des Seiles keine Gefahr zu leiden, mit starken Bremsen versehen, oder es werden überdies eine genügende Zahl schwerer Bremswagen eigens zum Zweck des Bremsens mitgeführt. Man bewegt also den Motor nicht, muss aber die Widerstände des schweren Seils mit in den Kauf nehmen. Ausserdem ist die Bewegung des an das Seil geknüpften Zuges von dem oft sehr entfernten Maschinisten abhängig, so dass, wenn ein Unfall durch Brüche der Achsen oder Wagen entsteht, ein sofortiges Stillhalten nicht wohl zu erreichen ist, und die Schwere des Seils setzt der Länge der Ebene eine gewisse Grenze.

Agudio's Einrichtung, wo das Treibseil schneller als der Zug läuft.

Eine Verbesserung haben die schiefen Ebenen durch die Construction von Agudio [12]) erfahren. Er wendet ein Seil ohne Ende an, welches über zu beiden Seiten eines im Gleise befindlichen Wagens (Locomoteur) angebrachten Seilscheiben läuft, die durch geeignete Uebersetzung eine Umdrehungsgeschwindigkeit gleich der vierfachen Geschwindigkeit des Zuges erhalten. Der eine Seilarm des Seils ohne Ende macht eine Bewegung herunter, der andere hinauf, und wenn an jedem ein Motor angebracht ist, also die Zugkraft auf zwei Seilarme sich vertheilt, so kann das 4 Mal so schnell als der Zug laufende Seil also 8 Mal schwächer als ein an dem Zuge unmittelbar befestigtes Seil sein. Ein solches leichtes Seil kann länger sein und hat viel weniger Widerstände als ein erheblich stärkeres. Ausserdem ist um eine in der Mitte des Locomoteurs

befindliche Bremsscheibe ein genügend starkes, unten und oben an der Ebene befestigtes, nicht sich bewegendes Seil ein Mal geschlungen, an welchem sich die Scheibe hinaufwickelt. Man kann nun den Zug an jeder Stelle, wenn auch die dünnen Treibseile fortwährend laufen, in Stillstand setzen, indem man die Treibscheiben, die mittelst Frictionskuppelung die Bewegung auf den Locomoteur übertragen ausrückt und die Bremsscheibe bremst; durch umgekehrtes Verfahren setzt man den Locomoteur mit angehängtem Zuge wieder in Bewegung. Eine Verbesserung hat dieser Apparat neuerdings dadurch erfahren, dass man das feste Seil wegliess und statt dessen eine Mittelschiene mit Klemmrädern, wie bei Fells System (siehe unten) anwendete, wobei der Widerstand wegen der Biegung des starken mittleren Seils, welches sich ausserdem erheblich abnutzt, vermieden wurde.

Atmosphärische Bahnen.

Eine andere glückliche Idee war die der Benutzung des Druckes der Atmosphäre, um in einer unten offenen Röhre, welche in der Mitte des Gleises lag, einen Kolben sich bewegen zu lassen, indem man oben auf der schiefen Ebene eine durch Dampf getriebene Luftpumpe wirken liess, welche die Luft vor dem Kolben verdünnte, so dass der Ueberdruck der Atmosphäre den Kolben nach aufwärts drückte; ein an diesem Kolben befestigter, aus der Röhre herausreichender Arm, war mit einem Wagen verbunden, an welchem die übrigen gehängt wurden. Dies ist die sogenannte atmosphärische Eisenbahn (Clegg und Samuda [14]), welche in England (Dalkey-Kingstown) und in Frankreich (Paris-St.-Germain, noch im Gange) zur Anwendung kam, aber, weil sie in den jetzigen Eisenbahnbetrieb nicht passt, isolirt blieb und der Locomotive wieder Platz gemacht hat oder Platz machen wird, obgleich sie im Princip vortheilhaft ist und das Ersteigen der steilsten Ebenen gestattet. Ausserdem sind die Constructionen bei Wegübergängen im Niveau complicirt, auf Bahnhöfen muss das gewöhnliche System des Oberbaues angewendet werden, der Nutzeffect ist gering, verglichen zur Arbeit des Motors und die vorhandene Sicherheit gegen Entgleisen lässt sich auch in neuerer Zeit beim gewöhnlichen Locomotivbetrieb genügend erreichen.

Die praktische Verwirklichung der Aufgabe, den in der Röhre eingeschlossenen Kolben mit dem Wagen zu verbinden, hat zu vielen Lösungsversuchen geführt, die meistens unpraktisch blieben und die

bislang gebräuchliche Construction nicht verdrängt haben. (Zambaux d'Ambly, Jobard, Lawes etc. [15, 16 u. 17]).

Rammell's pneumatische Depeschen-Beförderung und Tunnelbahnen mit atmosphärischem Druck.

In neuerer Zeit ist eine mehr praktische Anwendung der verdünnten und auch der comprimirten Luft zur Bewegung von Eisenbahnzügen auf andere Weise gemacht, welche eine weitere Anwendung der Idee des englischen Ingenieurs Rammell [18 u. 19]) ist, in einem Rohr kleine, mit den Endflächen ziemlich dicht in dasselbe passende Wagen durch Aussaugen der Luft vor denselben zu aspiriren und durch Verdichtung oder Compression der Luft solche in umgekehrter Richtung wieder fort zu treiben, wobei ein grosser Flügelventilator, je nachdem man die Röhre mit der Einströmungsöffnung oder der Ausströmungsöffnung in Verbindung setzt, die Verdünnung oder auch die Compression der Luft besorgt. In diese kleinen Wagen werden Briefe und Paquete gelegt und mit grosser Geschwindigkeit transportirt, wobei der Druck der Luft nur gering, etwa $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ Atmosphäre Ueberdruck ist. Auch die versuchsweise in diesen Wagen transportirten Personen empfanden keine Unbequemlichkeiten, wesshalb die Idee nahe trat, den Querschnitt der Wagen zu vergrössern, um in gemauerten Tunneln von grösserem Querschnitt mit Hülfe eines an der Vorderfläche dicht genug schliessenden Wagens, an diesen gehängte Wagen mit ganzen Personenzügen zu transportiren (Bahn vom Arsenal nach Sydenham [20, 21, 22]). Die Dichtung wird durch eine um die Aussenkante der Vorderfläche des Wagens angebrachte Bürste erreicht, die sich den glatt gemauerten Wänden anschliesst, und bei dem geringen Drucke dicht genug hält, und es können starke Steigungen und Curven vorkommen. Zur Zeit ist nur ein Zug in der Röhre, der abwechselnd aspirirt und fortgeblasen wird und es ist daher die Gefahr von Collisionen vermieden. Diese Bahnen werden in London vielfach gebaut werden, da sie ohne Locomotive, deren Verbrennungsgase bei unterirdischen Bahnen lästig werden können betrieben, viele Annehmlichkeiten bieten.

Geeigentheit derselben bei Ueberschreitung hoher Wasserscheiden.

Für Bahnen mit starken Steigungen sind sie, weil der Motor nicht mit bewegt wird, von grosser Fruchtbarkeit, und die vorgeschobene Luftsäule hat trotz ihres grossen Querschnitts ein sehr geringes Gewicht, wesshalb sie im Princip brauchbarer ist als Wasser,

welches Einige bei Röhren von geringerem Durchmesser proponirt haben (Shuttleworth [22a]); auch verursacht sie gute Ventilation. Ferner sind die in einer gemauerten oder auch eisernen, überhaupt geschlossenen, Röhre enthaltenen Züge äusseren Einwirkungen nicht ausgesetzt, wesshalb dies System von Einigen besonders für die Uebersteigung steiler und hochgelegener Wasserscheiden, z. B. bei Alpenbahnen, die dem Klima, Schnee, Glatteis, Lawinen etc. ausgesetzt sind, empfohlen wird (Dapples, [22], [23]) Kritik in Perdonnet, traité élém. des chem. de fer 3[te] édit). Zur Comprimirung der Luft kann auch die bei solchen Bahnen oft reichlich vorhandene Wasserkraft zum Betriebe der verschiedenartigsten Gebläsemaschinen benutzt werden (Seiler [23]). Man hat auch zwei Tunnel neben einander zu legen projectirt, die so mit einander in Communication stehen, dass der durch seine Schwere heruntergehende Zug die Luft vor sich her comprimirt und in den anderen Tunnel presst, also dem dort aufwärts gehenden Zuge zu Hülfe kommt, ähnlich wie es bei den Seilbahnen geschieht.

Indirecte und directe Anwendung der Wasserkraft auf Eisenbahnen.

Die Anwendung der Wasserkraft zum Betriebe bei Eisenbahnen ist schon vielfach besprochen worden, und die italienische Regierung hat einen hohen Preïs auf die beste directe Anwendung des Wassers zum Betriebe bei Eisenbahnen gesetzt, besonders um die bei der Mont-Cenis-Bahn vorhandenen reichlichen Wasserkräfte am nutzbarsten zu machen. Abgesehen von der Verwendung des Wassers als Elementarkraft für Motoren, also zum Beispiel zum Betriebe von Wasserrädern, Turbinen (J. v. Westphalen [10]) Wasser-Compressionsmaschinen (Mont-Cenis), um an Seilzügen zu arbeiten oder Luft zu comprimiren, Füllen von Kasten für Seilzüge etc., hat eine directe Verwendung bis jetzt noch grosse Schwierigkeiten gehabt.

Selbstwirkende Wasserräder und Girard's chemin glissant.

Ein dahin gehöriger Versuch ist bei einer brasilianischen Bahn gemacht. Man hat ein Wasserrad in einem auf einer schiefen Ebene zwischen den Schienen befindlichen Canal angebracht [24]), wobei auf der Radwelle sich rechts und links Räder befinden, die auf den Schienen laufen. Bei genügender Adhäsion dieser Räder wird sich das Wasserrad, wenn das im Canal hinabströmende Wasser die Schaufeln dreht, der Strömung entgegen die Ebene hinauf wälzen; ohne Zweifel ist hier der Nutzeffect sehr gering.

Eine andere Idee der directen Benutzung des Wassers rührt von Girard her, und die Einrichtung wird von ihm Chemin de fer hydropneumatique genannt. In der Mitte der Bahn liegt eine Röhre mit seitlichen Ausflussöffnungen, die, in gewissen Abständen von einander angebracht, Wasser ausströmen lassen, welches gegen unter den Wagen angebrachte feste Schaufeln stösst. Der Zug bewirkt selbstthätig beim Passiren das Oeffnen resp. wieder Schliessen der Ausflussröhren. Die Wagen sind mit Rädern versehen, oder ruhen mit glatten Flächen auf ebenfalls glatten Schienen. Die Flächen, welche eine grössere Anzahl kleiner Löcher haben, bilden die Böden von Kasten, wohinein unter hohem Druck Wasser gepresst wird, welches in geringer Quantität zwischen Schiene und den erwähnten Bodenflächen ausfliessend, den Wagen fast schwimmen machen soll, oder doch die Reibung zwischen Fläche und Schiene erheblich herabzieht. Aehnliche Anordnungen kommen bekanntlich bei grossen Wasserradzapfen vor, welche dadurch schwimmend erhalten werden, dass zwischen den Zapfen und Lagerschale durch ein Loch in der letzteren und Schlitz nach einem Theil der Länge des Zapfens, Wasser unter hohem Drucke gepresst wird, wodurch sich die Reibung sehr vermindert, und welches Verfahren vortheilhaft sein wird, wenn die zum Betriebe der Druckpumpe erforderliche Arbeit kleiner ist, als die eintretende Verminderung der durch die Zapfenreibung verzehrten Arbeit.

Locomotive; wovon deren Zugkraft und Leistung abhängig.

Die wichtigste Maschine zum Betriebe bei Eisenbahnen ist zur Zeit noch die Locomotive, da die Dampfkraft bis jetzt noch die billigste und am ehesten zu habende ist. Es würde hier zu weit führen, die Fortschritte der Construction bis auf die Jetztzeit hier anzudeuten; die Bestrebungen gehen dahin, Maschinen von möglichst grosser Leistungsfähigkeit und dabei möglichst geringem Gewicht zu schaffen, oder da die Leistungsfähigkeit von der Heizfläche abhängt, es zu erreichen, dass der Werth: „Heizfläche durch Gewicht dividirt", möglichst gross werde. Denn das vorhandene grosse Gewicht ist bei manchen Maschinen, z. B. Schnellzugmaschinen, wo von den Factoren Zugkraft × Geschwindigkeit = Leistung die Geschwindigkeit sehr gross ist, überreichlich vorhanden, um die nöthige Zugkraft = Adhäsion × Gewicht auf den Treibrädern zu haben, wesshalb man auch bei Schnellzugmaschinen die Achsen nicht kuppelt; aber während man versucht hat, auf alle Weise, durch Anwendung von Stahl, Ersatz von Gusseisen durch Schmiedeeisen etc., das Gewicht des Mechanismus herab-

zuziehen, ist doch das Gewicht des Kessels, um die erforderliche Heizfläche zu besitzen, zu überwiegend, um noch Vieles zur Reduction des Gewichts erreichen zu können, obgleich man in neuester Zeit auch Stahlkessel, welche schwächer in der Blechstärke als Eisenblechkessel sein können, anwendet. Wenn einerseits die Zugkraft der Locomotive auf dem adhärirenden Gewichte und der Grösse der Adhäsion beruht, so beruht sie andererseits auf der Dampfspannung und den Verhältnissen der Theile des Bewegungs-Mechanismus: Cylinder, Kurbel und Treibrad, welche Factoren so beschaffen sein müssen, dass die Adhäsion ausgenutzt werden kann; und umgekehrt: das adhärirende Gewicht muss den Dimensionen des Mechanismus eben so entsprechen. Die Adhäsion findet ihre Grenze in der Beschaffenheit der Schienen, ob diese schlüpfrig, glatt oder auch trocken sind, und kann, je nach Witterungsverhältnissen, welche diese Zustände herbeiführen, von $^1/_{20}$ bis sogar $^2/_5$ des drückenden Gewichts variiren, während man im Mittel etwa $^1/_9$ rechnet. Man würde sie durch Belastung der Locomotive oder Schwerermachen derselben vermehren können, da aber der zulässige Druck auf ein Treibrad, wegen der Dimensionen der Bahnschienen begrenzt ist, weil diese zu stark gebogen und abgenutzt werden würden, auch die Unterhaltung des Oberbaues wegen Lagenveränderung der Unterlagen bei Stössen so schwerer Gewichte sehr kostbar werden würde, so hat man als zulässigen, nicht zu überschreitenden Druck pro Rad 130 Centner festgesetzt. Hiernach lässt sich die Anzahl Räder, welche eine Locomotive wenigstens erhalten muss, ermitteln, wobei man nicht darauf rechnen darf, in allen Fällen das Gewicht gleichmässig auf die Achsen vertheilen zu können. Schwere Locomotiven, von denen man also eine grosse Adhäsion verlangt, müssen daher eine grosse Anzahl Achsen, die man sämmtlich durch Kuppeln zu Treibachsen macht, erhalten.

Schwierigkeiten, durch Curven der Bahn herbeigeführt, und Mittel, die Maschinen biegsam zu machen.

Hier entsteht aber die neue Schwierigkeit, dass, weil die Länge der steifen Kuppelstangen bis auf den geringen Spielraum in den Lagerschalen unveränderlich ist, diese Maschinen mit grossem steifen Radstande, nicht in kleinen Curven fahren können, die doch bei Gebirgsbahnen, wo schwere Locomotiven, um genügende Lasten auf den starken Steigungen schleppen zu können, erforderlich sind, am häufigsten vorkommen. Man hat nun sinnreiche Mechanismen

und Arten von Kuppelungen erfunden, welche es gestatten, dass die Achsen sich annähernd radial stellen, und dass die Kuppelstangen an der inneren Seite der Curve einander sich nähern, an der äusseren sich entfernen können (Kirchweger's Mechanismus, Lapparent, Maschine Steierdorf, Rarchaert etc.). Man hat auch den Tender mit zur Adhäsion gebracht durch Ketten oder Zahnradkuppelung (Semmering-Maschine von Engerth), oder man hat ihn mit Bewegungsmechanismen versehen und mit zwei Cylindern, welche durch ein biegsames Rohr vom Locomotivkessel aus gespeist werden, wenn man, bei Verlangsamung der Geschwindigkeit, die Zugkraft auf kurze Zeit vermehren will (Sturrocks Hilfstender). Ferner wendete man für Maschinen mit 6 Achsen zwei Bewegungsmechanismen an, jeder mit 2 Cylindern für je drei gekuppelte Achsen (Beugniot und Petiet); oder man setzte einen grossen Kessel auf zwei mit Bewegungsmechanismen versehene Truckgestelle, welche eine begrenzte Drehbarkeit hatten, jedes Gestell mit drei gekuppelten Achsen von kleinem Radstande und 2 Cylindern versehen. (Fairlie und Thouvenot). Endlich hat man zwei Maschinen combinirt arbeiten lassen (Zwillingsmaschinen auf der Turin-Genua Bahn). Flachat hat für Alpenbahnen noch die Idee gehabt, die Wagen des Zuges mit Dampfcylindern und Bewegungsmechanismus zu versehen, um sie zur Vermehrung der Adhäsion bei steilen Steigungen von dem Kessel der Locomotive aus zu speisen, bei entsprechender Verminderung der Geschwindigkeit.

Vermehrung der Adhäsion durch künstliche Einrichtungen.

Andere haben gesucht auf mehr oder weniger praktische Weise eine Vermehrung der Adhäsion zu erreichen, wobei die geringe Geschwindigkeit, welche auf starken Steigungen der für geringere Steigungen beladene und mit grösserer Geschwindigkeit fahrende Zug nur haben kann, manche Anordnungen zulässig erscheinen liess, die für grosse Geschwindigkeit nicht passen würden. Man kam wieder auf die bei Entstehung der Eisenbahnen auch für flache Steigungen dagewesenen Constructionen zurück, indem man Ketten, und Zahnstangen in die Gleise legte, an welchen sich die Maschine hinaufzog (früher Chapman und Blenkinsop) später mit Ketten, (Arnoux), mit Zahnstange (Busse, Christoforis, Riener [26, 27, 28 u. 28a]). Ferner versuchte man, wie früher Brunton eine Locomotive mit Beinen construirte, die sich gegen den Boden stemmten, dies später wieder, indem man Stemmstangen in eine in der Mitte der Bahn liegende Leiter greifen liess (Shoklizh [29]), oder indem Zahnräder

mit weit gestellten Zähnen in eine horizontal gelegte Leiter fassten (Marsh in Amerika auf Steigungen von 1 : 3 und Rigi-Bahn). Weiter wollte man eine Schraube benutzen, welche sich an in der Mitte der Bahn befindlichen Rollen aufschraubte, oder statt der Schraube eine Scheibe mit spiralförmigem Vorsprung (Grassi [30]), oder eine Spiralscheibe, welche sich an Leitschienen emporschraubte (Wetli [31]), oder man schlug vor, die Adhäsion zu vermehren, indem man die Bandagen der Treibräder mit Keilnuthen versah und die Schiene entsprechend formte (Adams [32]), oder endlich wollte man sich damit begnügen, die grösstmögliche Adhäsion der gewöhnlichen Schienen zu erhalten, indem man durch einen Strom heisser Luft auf die Schienen solche gehörig abtrocknete [33]), da das in einzelnen Fällen (am meisten in Amerika) gebräuchliche Sandstreuen aus einem an der Maschine angebrachten Kasten, für den couranten Betrieb nicht passt, und Schienen und Radreifen sehr mitnimmt. Versuche, durch Magnetismus die Adhäsion der Treibräder auf den Schienen zu vermehren, sind ebenfalls ohne grossen Erfolg gemacht (Amberger, Picklés, Serrel etc. [34]).

Krauss's Maschine mit Klemmrädern, benutzt von Fell für die provisorische Mont-Cenis-Bahn.

Eine abweichende Idee die Adhäsion zu vermehren, ohne das Gewicht der Maschine zu vergrössern, ist die von Krauss [35]), welche bei der provisorischen Mont-Cenis-Bahn durch Fell verwirklicht wurde. Sie besteht darin, dass man an den starken Steigungen der Bahn bis zu $^1/_{12}$ zwischen den Fahrschienen eine Mittelschiene anbringt, die von horizontalen Rädern eingeklemmt wird, welche letzteren durch geeignete Transmission in Bewegung gesetzt werden, und wo also neben der Adhäsion durch das Gewicht der Maschine, die durch das Klemmen erzeugte wirksam gemacht wird. Eine derartige, ziemlich complicirte Einrichtung, giebt zwar die Möglichkeit, so stark geneigte Ebenen zu ersteigen, aber sie eignet sich nur für geringe Geschwindigkeiten, zumal sie ein Ueberhöhen der äusseren Schiene in Curven nicht wohl zulässt; sie fällt mehr in das Gebiet des Kunststückes, und man behauptet, dass mit gewöhnlichen Locomotiven dasselbe zu leisten sei*).

Versuch mit electromagnetischen Locomotiven.

Die Versuche, durch Electromagnetismus Locomotiven zu bewegen, haben wenigstens im Grossen noch zu keinem Resultate

*) Vergleiche über Geschichte der Locomotiven und Construction derselben: Allgemeine Maschinenlehre von Dr. M. Rühlmann. Band III. 1868.

geführt; überdies ist diese Bewegkraft, verglichen mit Dampfkraft, zur Zeit noch viel zu kostspielig. Man hat electromagnetische Maschinen construirt, welche durch Zwischenmechanismus die Treibräder bewegten, oder man hat den Umfang des Rades an Stellen, welche etwas über der Schiene an der Vorderseite des Rades lagen, abwechselnd magnetisch gemacht, so dass das Rad, indem sich diese Stelle der Schiene zu nähern suchte, zugleich sich zu wälzen begann. Versuche im Kleinen sind allerdings ziemlich befriedigend ausgefallen (Wagner, Page, Amberger, de Rouvre et Bellet [36 bis 39]).

Benutzung der glatten Oberfläche des Eises.

Auch das Eis ist wegen seiner glatten Oberfläche als Fahrbahn für Locomotiven benutzt. Man hat Eislocomotiven construirt für Russland, wo der Umfang der Treibräder mit Stahlspitzen armirt ist (Solodornikoff [40]), die übrigen Räder durch einen Schlitten ersetzt sind, ferner Böte mit Schlitten versehen, die durch ein Treibrad bewegt wurden und abwechselnd auch schwimmen konnten (Mississippi [41]), und endlich hat man das System der Touage mit Dampf, wo eine Kette ohne Ende, an welche Schlitten gehängt werden, auf dem Eise sich fortbewegt, ebenfalls versucht (Routzen [42]).

Gasmaschinen.

Endlich hat man noch verschiedene Gasarten zum Bewegen von Maschinen in Vorschlag gebracht und versucht, z. B. Locomotiven mit comprimirter Luft getrieben (Andraud und Tessié du Motay, Pecqueur, Wilhelmy etc. [5–8, 43 u. 44]), Chloroform (Karr [45]), Aether und Wasserdampf (du Trembly [46]), flüssige Kohlensäure (Ghillians und Christin [47]), heisse Luft für Locomotiven (Burdin [48]) und Ammoniakgas (Tellier und Wayenberch [49]).

Unterirdische Eisenbahnen in grossen Städten.

Die Unbequemlichkeit, welche der Betrieb mit Kohlen oder Cokes geheizter Locomotiven für unterirdische Bahnen mit häufigen Zügen bei langen Tunneln hat, wegen des Ausströmens der Verbrennungsgase, hat verschiedene Versuche oder Vorschläge auftauchen lassen, in anderer Weise die Züge für solche Bahnen zu bewegen. Diese Bahnen finden sich vielfach in London angelegt, weil für den starken Verkehr die Strassen zu eng sind. Hierher gehört die Idee, die Züge durch Dampfmaschinen so zu acceleriren, dass sie die Tunnel durchlaufen (Barlow [50]), mit Wasserkraft durch Hülfe von Röhrenleitungen und Accumulatoren sie zu bewegen

(Symons [51]) oder mit Seilzügen, die im Tunnel herlaufen und durch eine oben stehende Dampfmaschine bewegt werden (Hawthorn [52]).

Strassenbahnen.

In neuerer Zeit haben sich in Städten die Strassenbahnen [53]) ausgebildet, welche an Orten, wo keine starke Steigungen vorhanden und in grösseren Städten, wo wegen der grossen Entfernungen die Erleichterung des Verkehrs dringender und der Verkehr stark genug, mit Erfolg angelegt sind. In Amerika werden sie zum Theil per Dampf betrieben, in Deutschland meistens mit Pferden, und die Verbesserung der Bahn, verglichen mit Pflaster oder Steinschlag, wird dadurch herbeigeführt, dass man leichte Flachschienen meistens auf Langschwellen in dem Strassenpflaster anbringt, welche von geeigneter Form sein müssen, um den Verkehr des gewöhnlichen Fuhrwerks nicht zu stören.

Provisorische schwebende Bahnen, und Bahnen mit umlaufendem Drahtseil.

Die Herstellung der gewöhnlichen Eisenbahnen erfordert meistens ein grösseres Terrain, erhebliche Erdarbeiten wegen Herstellung der Dämme und Einschnitte, Brückenbauten und dergleichen. Bei Bahnen, wo es sich nur um einen nicht erheblichen Transport von Materialien, die nicht in einzelnen sehr schweren Stücken zur Verladung kommen, handelt, hat man diese Ausgaben vermieden, indem man auf in die Erde gerammten oder gegrabenen Pfählen oder Ständern einen mit einer Schiene armirten Holm anbrachte, auf welchem sich die aufgehängte, auf beiden Seiten symmetrisch vertheilte Last bewegte. Die Ständer sind also je nach Beschaffenheit des Terrains verschieden hoch. Die Wagen werden von Pferden gezogen. Diese sogenannten schwebenden Eisenbahnen (Palmer, Nepveu [54 u. 55]) sind von v. Prittwitz beim Festungsbau von Posen zum Ziegeltransport benutzt. Neuerdings sind von dem englischen Ingenieur Hodgson [56]) ähnliche schwebende Bahnen erbaut, nur dass sich hier ein im Ganzen 6 englische Meilen langes Drahtseil ohne Ende, von einer Stelle her durch Dampfmaschinen getrieben, über Rollen bewegt, die auf in 150 Fuss bis sogar 600 Fuss Entfernung stehenden Pfählen angebracht sind; an dies Seil werden Kasten mit 1 Centner Steine beladen gehängt, und in einer Stunde werden 200 Kasten eine englische Meile weit befördert. Diese Einrichtung kann unter Umständen praktisch sein, obgleich es im Princip sich nicht empfehlen kann, die gesammte Bahn sich mit bewegen zu lassen.

Wassertransporte.

Motoren.

Die Wassertransporte geschehen auf natürlichen Wasserstrassen (Flüssen) oder auf künstlich angelegten (Canälen) und die Motoren waren anfänglich der Mensch und das Zugthier und später der Dampf, wobei noch der Wind und bei Flüssen die Strömung zu Hülfe kommen kann. Die Geschwindigkeit ist dabei nur gering, weil der Widerstand mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst.

Verschiedene Arten von Dampfschiffen.

Die Dampfschiffe hatten entweder Ruderräder, oder es sind in neuerer Zeit bei genügender Tiefe auch Schraubenschiffe verwendet, weil die Ruderräder durch Wellenschlag die Ufer des Canals und auch kleinerer Flüsse erheblich beschädigen, oder in jüngster Zeit Schiffe, die durch Reaction des Wassers getrieben werden (Prallschiffe [56b]). Diese Schiffe erhalten dann Schleppkähne hinter sich gehängt in grösserer oder geringerer Anzahl, oder auch jedes Schiff ist mit einer Maschine versehen und trägt die Last selbst [56c]).

Touage auf Canälen und Flüssen.

Bei dem geringen Nutzeffecte, den ein Dampfschiff als Schlepper leistet, hat man versucht, die Leistung der Dampfmaschine besser auszunutzen, und man hat dies durch Anwendung der sogenannten Touage [57]) auch vollständig erreicht, welche jetzt auf einer grossen Anzahl Canäle und Flüsse eingeführt ist. Hierbei geht über Trommeln, die auf Deck des Schiffes stehen und von einer Dampfmaschine bewegt werden, eine Kette, welche auf dem Boden des Canals nach der ganzen Länge desselben ausgestreckt ist und auch durch die Schleusen geht, und welche Kette über Rollen, die sich am Vordertheile und Hintertheile des Schiffes befinden, geleitet ist. An dieser Kette zieht sich das Schiff hin, hinter welchem die Schleppkähne angehängt sind, oder jedes Schiff ist angehängt und trägt selbst die Last. Die Einführung der Touage hat die Flüsse und Canäle wieder concurrenzfähiger gegenüber den Eisenbahnen gemacht. In Frankreich kommt auch der Fall vor, dass statt Dampf zu benutzen, auf dem Verdecke des Schiffes ein Göpel sich befindet, welcher durch Pferde betrieben wird und die Aufwickelung der Kette vermittelt [58]).

Endlose Kette, unter dem Schiffe sich hin bewegend.

Statt eine solche Kette auf dem Boden der ganzen Länge nach auszustrecken, ist auch der Vorschlag gemacht, eine Kette ohne

Ende in derselben Anordnung über das Schiff der Länge nach zu legen, welche auf dem Boden unter dem Schiffe aufliegt und auf demselben schleift, wenn sie bewegt wird. Wird diese Kette durch Umdrehung der Trommeln in Gang gesetzt, so bewirkt sie durch ihre Reibung auf dem Boden, dass das Schiff sich fortbewegt (Beau de Rochas, Robertson und Stewart[59]).

Eingreifen in die Flusssohle.

Andere Versuche sind mit Schiffen gemacht, deren Räder mit Vorsprüngen versehen waren, die in die Sohle des Canals oder Flusses eingriffen, sogenannte Grappins[60]), und eine ähnliche Idee ist neuerdings auf dem Erie-Canal versuchsweise zur Ausführung gekommen, wobei das eingreifende Rad entsprechend den Unebenheiten der Sohle sich heben und senken kann[60a]). Verschiedene andere Versuche, Dampfschiffe durch eingetauchte Scheiben, welche nicht mit Schaufeln versehen sind, sondern nur im Wasser reiben (Aston[61]), oder mit horizontalen eingetauchten Rädern zu treiben (Faulcon[62]), scheinen nicht von Erfolg gewesen zu sein.

Kuppeln der Schiffe zur Verringerung des Widerstandes.

Der Widerstand auf Canälen ist erfahrungsmässig um so grösser, je geringer ihr Querschnitt ist, wesshalb man die Schifffahrt auf Canälen durch Vertiefung der letzteren zu erleichtern gesucht hat. Dabei kommt selbstredend auf die Form der Schiffe viel an. Man hat, um den Widerstand einer grossen Anzahl Schiffe herabzuziehen, auch Versuche mit zahlreich gekuppelten Canalschiffen gemacht, bei welchen das Vordertheil des folgenden in das hintere Ende des voraufgehenden passt, mit solcher Abrundung, dass die nöthige Biegsamkeit dieses langen Schiffes in Krümmungen vorhanden ist (Bourne, Gompertz, Nillus[63]).

Sonstige Propulsionsversuche.

Ein ähnlicher Versuch, Schiffe auf Strömen zu bewegen, wie das früher erwähnte selbstwirkende Wasserrad auf einer schiefen Ebene, ist eine Anordnung, welche der Erfinder Aquamoteur[64]) nennt. Zwischen zwei Schiffen hängt ein vom Strome bewegtes Wasserrad, auf dessen Welle eine Scheibe sich befindet, über welche eine an beiden Enden der Schifffahrtsstrecke befestigte Kette ein Mal herum geschlungen ist. Wird das Rad durch den Strom bewegt, so zieht sich das Schiff gegen den Strom an der Kette hin. Etwas Aehnliches ist die hydraulische Kette von Basiaco[65]). Indessen sind diese Einrichtungen, eben so wenig wie andere Ideen von Lake[66]),

Leterre [67 u. 68]) u. s. w. praktisch geworden, wogegen die Methode der Touage immer mehr, auch auf deutschen Flüssen (Elbe, Rhein), Ausdehnung gewinnt.

Ueberwindung der Höhendifferenzen bei Canälen durch geneigte Ebenen.

Statt die Höhendifferenzen bei Canälen durch Schleusen zu überwinden, hat man vielfach schiefe Ebenen angelegt, auf welche die Schiffe entweder direct durch Dampfmaschinen aufgezogen werden (Elbing, oberländischer Canal [69]), oder wo sie in Kasten schwimmend die Ebene ersteigen (Monkland-Canal, Morris-Canal [70 u. 71]). Die bewegende Kraft geht dabei von einem Wasserrade aus, oder es gehen mit Wasser gefüllte Kasten als Gegengewicht die Ebene hinab.

Einige Literatur zu der Uebersicht der Communicationen und Motoren.

(A bedeutet Abbildungen.)

1) Bremsberge, wo beladene Wagen die leeren aufziehen. Pol. Centr. XXV. 1859. p. 931—933 A auch XXIV. 1858. p. 617.

2) Selbstwirkende schiefe Ebene für Kohlenbahnen, in Henz, das Eisenbahnwesen Nordamerikas, A auch in Berl. Bauz. XI. 1861. p. 292 A.

3) Schiefe Ebene mit Wasserkraft durch abwärts gehende gefüllte Kasten. Stephenson und Swinburne in Eisenbahn-Ztg. VIII. 1850. — Am Mont Cenis desgl. in Port. écon. VIII. 1863. p. 12 A.

4) Locomotive zu Hülfe bei herabgehendem Zuge, mit Seilzug. Artiz. IX. 1851. p. 83.

4a) Schiefe Ebenen mit trockenen Schleusen, von Communeau. Abwechselnd flache Strecken und Schächte, wo vertical die Wagen aufgezogen werden sollen. Eisenb.-Z. IV. 1846. p. 184.

5) Andraud und Tessié du Motay, Anwendung von comprimirter Luft bei Locomotiven. Weimar 1848. Voigt. — Vergl. auch Pecqueur's Röhre für Andraud's Locomot. Förster XI. 1846. p. 1—39 A.

6) Locomotive mit comprimirter Luft von Parsey. Pract. Mech. V. $1852/_{53}$. p. 288—290 A.

7) Arbeit der Schwere zum Comprimiren von Luft in Dombre's Luftlocomotive. Technol. 1853. p. 500; auch Pol. Centr. XIX. 1853. p. 1270.

8) Ansammeln comprimirter Luft in Motoren von Willy. Organ XVI. 181. p. 182—210 A; auch Pol. Centr. XXVIII. 1862. p. 419—430 — von Wilhelmy in Eisenb.-Z. VI. 1848. p. 22.

9) Der Mahovos von Schuberszky. Schweiz.-Z. IX. 1864. p. 145—156 A, auch Brochüre des Erfinders, Wien bei Gerold 1864. — Kritik desselben Oesterr. Z. XVII. 1865. p. 36—38, auch Organ II. 1865. p. 273. — Ein ähnlicher Apparat von Meisel in Eng. XVII. 1864. p. 188 A.

10) Turbinen und Wasserdruckwerke bei schiefen Ebenen von J. v. Westphalen. Dresden und Leipzig. 1844. Referat und Gutachten in Eisenb.-Z. V. 1847. p. 233 etc.

11) Schiefe Ebenen mit feststehenden Maschinen zu Lüttich. Ann. pont. V. 1848. p. 129. Zu La Croix-Rousse mit $1/_6$ Steigung. Förster B. 1864, auch Monographie von Molinos und Pronnier: Chemin de fer de Lyon à la

Croix-Rousse. Paris. Morel et Co. 1862. — Zu Altona an der Altona-Kieler Bahn. Organ III. 1848. p. 123—124 A. — Literatur über schiefe Ebenen in Organ, Neue Folge II. 1865. p. 233. — Vergl. auch die London-Blackwall-Bahn. Eisenb.-Z. 1848. p. 118, 133 und 134.

12) Seilbahnen nach Agudios System in Mém. compt. rend. 1863. p. 358 bis 372. — Organ II. 1865. p. 227. — Civ. Ing. X. 1864. p. 139—154. — Génie ind. XXIX. Jan. 1865 A. — Lacroix Etudes sur l'exposition à Paris de 1867, neueste Anordnung mit Klemmrädern A.

13) Grundzüge eines Locomotivsystems für Gebirgsbahnen, von Wetli. Zürich 1868.

14) Atmosphärische Bahnen von Clegg und Samuda. Förster V. 1840. p. 304—311 A. — Erster Versuch auf der Dalkey-Kingstown-Bahn am 19. Aug. 1843 in Eisenb.-Z. I. 1843. p. 79. — Stephensons Bericht Eisenb.-Z. 1844. p. 299. — Eisenb.-Z. VI. 1848. — Förster B. XII. 1847. — Perdonnet traité élément. des chem. de fer. 2. édit. — Ueber den Verschluss des Schlitzes vergl. neuerdings le Boeuf's Apparat, um mit hydraul. Druck zu heben. Port. écon. 1869. Januar.

15) Atmosphärisches System von Zambaux d'Ambly (ähnl. wie Clegg und Samuda) Eisenb.-Z. IV. 1846. p. 129.

16) Jobard's atmosphärisches System (wie Clegg und Samuda) Eisenb.-Z. III. 1845. p. 52 A.

17) Lawes atmosphärische Bahn. Seilebene und atmosphärische Bahn, Kolben, welcher Kette nach sich zieht. Eisenb.-Z. IV. 1846.

18) Rammels pneumatic despatch. Technol. XXIV. 1863. p. 640 bis 646 A. — Pract. Mech. XVI. 1863—1864. p. 57—61 A, auch Polyt. Centr. XXIX. 1863. p. 1105—1117 A. — Mechan. Mag. XIV. 1865. p. 291. — Needham's Verbesserung Pract. Mech. XVIII. $18^{65}/_{66}$. p. 346—347 A. — Engineering 1869. p. 237 A und dazu gehörig: de Romilly in Ann. min. 1869. XVI. p. 95—110.

19) Gillespie's atmosphärische Briefbeförderung durch Auspumpen von Luft. Eisenbahn-Z. 1846. p. 121.

19a) Campin's Gummirohr zum Fortbewegen von Wagen mittelst eingeblasener Luft. Artiz. XXIII. 1865. p. 31—32 A.

20) Bewegen von Wagen in Tunnels durch Aspiration und Compression von Luft. Geschichtliches. Gén. ind. VIII. 1854. p. 191—195, 243—249.

21) Pneumatische Bahn vom Arsenal in London bis Sydenham. Pract. Mech. XVII. $18^{64}/_{65}$. p. 205—206. — Vereins-Zeit. V. 1865. p. 308. — Civ. Eng. Arch. XXVII. 1864. p. 361—362. — Pol. Centr. XXXI. 1865. p. 961—965. — Ver.-Zeit. 1865. Nr. 25 und 26. — Mech. Mag. XII. p. 153—154. Historisches, schon 1810 projectirt. — Organ II. 1865.

22) Pneumatische Tunnelbahnen. Daigremont, Etude sur les chemins de fer atmosphériques. Turin 1865. — Dapples, Etude sur l'application des forces hydrauliques à l'exploitation des chemins de fer de montagne et en particulier sur les chemins de fer pneumatiques. Lausanne 1866. Kritik dieser Bahnen in Perdonnet traité élément. des chem. de fer. 3. édit.

22a) Shuttleworth's hydraulisches Eisenbahn-System. Aehnlich mit Clegg und Samuda, nur dass statt Luftdruck hier Wasserdruck verwendet wird. Eisenb.-Z. I. 1843. p. 164—165.

23) Pneumatisches Eisenbahn-System mit Seiler's aero-hydrostatischer Waage. Polyt. Centr. XXXI. 1865. p. 1037—1839. — Pol. Journ. Bd. 177. p. 13. — Seiler's aero-hydr. W. in Mech. Mag. Sept. 26. 1862.

23a) Idee, die Luft durch Windkraft (Windmühlen) zu comprimiren und dann fortzuleiten, in Mech. Mag. Mai 19. 1865.

24) Selbstwirkende Wasserräder für Bahnen in Brasilien. Berl. B. VII. 1857. p. 480—484 A. — Artiz. XV. 1857. p. 189.

[25]) Chemin glissant par Girard in Hydraulique appliquée p. G. 1853. — Port. écon. X. 1865. p. 89 und 117 A. — Annuaire scientifique par Déherain 1863.

[25a]) Recalcatti's hydraulische Locomotive. Pol. Centralbl. XVI. 1850. p. 1213 aus Publ. ind. VII. p. 253.

[26]) Aufzug mit Klemmrädern an einer Kette, von Arnoux. Civ. Ing. IV. 1858. p. 51—52 A.

[27]) Treibräder, welche in Zahnstangen zur Seite der Schienen greifen, von Cristoforis. Civ. Eng. Arch. XX. 1857. p. 416.

[28]) Gusseiserne Schiene mit Zähnen, wohinein eine vielgängige Schraube, an der Locomotive befindlich, eingreift. Busse's Locomotive. Eisenbahn-Zeit. III. 1845. p. 433.

[28a]) Ersteigung schiefer Ebenen durch Locomotiven, unter Zuhülfenahme von Ketten, Zahnstangen, Adhäsionsschienen etc. von Riener. Förster B. IV. 1839. p. 352—360 A.

[29]) Stemmstangen, welche in eine in der Mitte der Bahn liegende Leiter greifen, von Shoklizh, und die Maschine fortschieben, wie bei Bruntons Locom. Eisenb.-Z. IV. 1846. p. 37.

[30]) Locomotive mit Scheibe, die spiralförmigen Vorsprung hat und sich an Rollen im Gleise bei starken Steigungen hinaufbewegt, von Grassi. Technol. XVIII. 1857. p. 615—646 A. Auch Gén. ind. X. 1855. p. 286—288.

[31]) Locomotive mit Spiralen, die sich an Leitschienen hinaufbewegen. Grundzüge eines Locomotiv-Systems für Gebirgsbahnen, von Wetli. Zürich 1868. Auszug in Pol. Centr. 1869. p. 96.

[32]) Vermehrung der Adhäsion durch Keilnuthen, von Adams. Mechan. Magaz. XII. 1864. p. 38 A.

[33]) Heisse Luft auf die Schienen, zur Vermehrung der Adhäsion. Organ. XII. 1857. p. 176—178. — Pol. Centr. XVII. 1851.

[34]) Magnetismus zur Vermehrung der Adhäsion der Treibräder; von Amberger, Nicklés und Casal, in Gén. ind. III. 1852. p. 238 u. 281 A; auch in Pol. Centr. XVII. 1851. p. 908—910; auch Berl. B. III. 1853. p. 316. — Von Fox in Mech. Mag. XIII. 1865. p. 58 A. — Auf der New-Yersey-Bahn. Vereins-Z. V. 1865. p. 359. — Von Serrel. Civ. Eng. Arch. XXIII. 1860. p. 28. Auch in Eisenbahn-Zeit. XVII. 1859. p. 199.

[35]) Locomotive mit Klemmrädern und Mittelschiene von Krauss. Organ VIII. 1853. p. 1—10 A. — Von Fell, Organ, neue Folge III. 1866. p. 236 bis 237 A. — Deutsch. Ing. 1865. p. 650 A. — Bericht von Desbrières in Gén. ind. 1864. XXVII. p. 240, auch in Polyt. Journ. 1866. I. Maiheft, auch Port. écon. IX. 1864. p. 117—120. Auszug aus den Mém. compt. rend. Sitzung vom 18. März 1864. — Thouvenot's Maschine (grosse Heizfläche) mit Klemmrädern (grosse Adhäsion) zu versehen, von Lommel. Organ III. 1866. p. 92. — Concurrenz einer gewöhnlichen Locomotive. Engineering. VI. p. 11.

[35a]) Briefbeförderung durch den galvanischen Strom, von Bonelli. Pol. Journ. 1863. p. 315.

[36]) Wagner's electromagnetische Locomotive. Eisenb.-Z. I. 1843. p. 186.

[37]) Page's electromagnetische Locomotive von 8 Pferdekraft. Berl. B. I. 1851. p. 123—126. — Pol. Centr. XVII. 1851. p. 582—589 A.

[38]) Amberger's electromagnetische Locomotive. Pract. Mech. IV. $1851/_{52}$. p. 38 A.

[39]) Electromagnetische Locomotive von de Rouvre und Bellet. Mém. compt. rend. 1865. p. 363—375 A; — auch daselbst p. 190 u. 414. — Gén. ind. 1865. p. 69. — Pol. Journ. 1866. p. 126. — Mech. Magaz. XIV. 1865. p. 232 A.

40) Eislocomotive von Solodornikoff. Pol. Centr. XXVII. 1861. p. 1325 bis 1327.

41) Böte mit Schlitten und Treibrad. Auf dem Eise des Mississippi. Artizan XVII. 1859. p. 208.

42) Touage mit Dampf auf Schlitten an Ketten ohne Ende, von Routzen. Gén. ind. XVIII. 1859. p. 116 — 127 A.

43) Wilhelmy, stationäre Maschinen, welche Locomotive mit comprimirter Luft versehen. Eisenb.-Z. VI. 1848. p. 22.

44) Locomotive mit comprimirter Luft für unterirdische Bahnen. Mech. Mag. XI. 1864. p. 359 — 360.

45) Chloroform als Motor bei Dampfmaschinen, von Karr. Eisenb.-Z. VII. 1849. p. 92.

46) Du Trembley's combinirte Aether- und Wasserdampfmaschine. Eisenb.-Z. VII. 1849. p. 101.

47) Maschine mit flüssiger Kohlensäure von Ghillians und Christin. Schweiz.-Z. 1857. p. 39 — 40 A.

48) Heisse Luft zur Bewegung von Locomotiven von Burdin. Technol. XXV. 1864. p. 487 — 491.

49) Ammoniak-Maschine von Tellier. Pract. Mech. XVIII. 18$^{65}/_{66}$. p. 200 bis 201 A. — v. Wayenberch. Pol. Journ. 1866. März. p. 346. Aus Ann. Gén. Civ. 1865. p. 826. — Technol. Dec. 1865. p. 149, von Tellier. — Gén. ind. 1865. XXX. p. 63. A, von Delaporte. — Technol. 1865. p. 327. — Civ. Eng. Arch. 1865. April 1. — Mech. Magaz. März 10. 1865.

50) Barlow's System, Züge durch Dampfmaschinen zu acceleriren. Civ. Eng. Arch. XXVII. 1864. p. 352 — 355. — Artiz. XXII. 1864. p. 249 — 254. — Mech. Mag. XIII. 1865. p. 105.

50a) Unterirdische Eisenbahnen. Beschreibung, Deutsch. Ing. VII. 1863. p. 257 — 262. Organ XVIII. 1863. p. 57 A.

51) Symon's unterirdische Eisenbahn mit Wasserkraft und Accumulatoren. Pract. Mech. XVI. 18$^{63}/_{64}$. p. 325.

52) Hawthorn's unterirdische Bahn mit Seilzügen und feststehenden Maschinen. Mech. Mag. X. 1863. p. 628. — Artiz. XXI. 18$^{63}/_{64}$. p. 247 — 248 A. — Pract. Mech. XVII. 18$^{64}/_{65}$. p. 214 A.

53) Strassenbahnen. Culmann Gutachten. Schweiz.-Z. VIII. 1863. 75 bis 90 A. Adhémar amerikan. Paris 1858. — Bürkli Eisenb. in Städten. Zürich. 1865. — Moller, Hamburg 1862. — Burn, horse railways, London 1860. — Young, the economy of steam power on common roads, London 1861. — Pract. treatise on street or horse power railw. by Easton. Philadelph. 1859. — Klein, amerikan. in Förster B. VII. 1842. p. 396 — 405. — Ch. de fer dans les rues. Ann. pont. 1854. VIII. p. 94 — 105 A. — Amerikan. und franz. Förster B. XXIII. 1858. p. 61 — 79 A. — Nordamerika, v. Henz, Berl. B. X. 1860. p. 551 — 584 A, auch in Henz, Eisenbahnwesen in Nordamerika. — Billige Eisenbahnen (Strassenbahnen) Nouv. ann. II. 1856. p. 92 — 94, 125 und 145 A.

53a) Yonker's elevated railway. In New-York, im Bau. Civ. Eng. Arch. 1868. Auf in der Strasse zur Seite errichteten Säulen eine Eisenbahn von eigenthümlicher Einrichtung.

54) Schwebende Eisenbahnen, von Palmer. Förster VI. 1841. p. 56 — 64. — Auch Brochüre von Prittwiz über diese Bahnen.

55) Nepveu's schwebende Eisenbahnen. Förster IV. 1839. p. 360 bis 365 A.

56) Hodgson's wire rope railway, Markfield, in Eng. Febr. 19. 1869 A. — Wire roads. Eng. April 30. XXVII. 1869. p. 309. Kosten 150 — 500 Pfd. Sterl. per engl. Meile.

56a) Geschichtliches über Dampfschifffahrt, von Dietze. Deutsch. Ing. V. 1861 A.

56b) Dampfschiffe durch Reaction betrieben, von Seydell. Preuss. Gewerb. 1852. p. 85 A. — Pol. Centr. XVIII. 1852. p. 1506 — 1511.

56c) Emploi de la vapeur sur les canaux d'Angleterre etc. Nouv. annal. XIV. 1868. p. 70 — 72, mit Angaben von Geschwindigkeiten und Kosten.

57) Touage an versenkter Kette. Public. ind. XIV. p. 147. — Mém. compt. rend. 1863. p. 39 — 52. — Sur la haute Seine. Port. écon. X. 1865. p. 97 bis 100 A. — von Bouquié, Ann. Belg. XIX. 1860 — 61. p. 147 — 152. 245 — 266 A. — Ausführliche Abhandlung von Labrousse in Rev. univers. 1865. — Mémoire von Chanoine und de Lagréné. Ann. pont. VI. 1863. p. 229 — 322 A. — Im Souterrain von Pouilly von Bazin beschrieben. Ann. pont. 1868. VIII. p. 344 bis 365. Drahtseile statt Ketten, von Eyth in Deutsch. Ind. 1869. Nr. 12. p. 115.

58) Touage mit Göpel auf dem Schiffe und Pferdebetrieb. Hannov. Zeitschr. XI. p. 117, auch Pol. Centr. XXXI. 1865. p. 518 — 522. Aus Ann. pont. VI. 1863. p. 323 — 345 A.

59) Touage mit endloser Kette, auf dem Boden des Canals schleifend, von Roberston in Mech. Mag. II. 1859. p. 281 — 282, auch Civ. Eng. Arch. XXII. 1859. p. 408. — von Beau de Rochas in Mém. compt. rend. 1863. p. 39 — 52. — von Stewart in Bullet. d'enc. 1863.

60) Schiffe mit Grappins, in dem Aufsatze von Lagréné et Chanoine, siehe 57.

60a) Dampfschiff mit Rad in der Mitte, welches auf dem Boden sich fortwälzt. Ann. gén. civ. 1868. p. 745.

61) Disque propulseur, von Aston. Ann. belg. XVIII. 1859 — 60. p. 497, auch Technol. XVIII. 1857. p. 261 — 262. — Pract. Mech. XII. 1859 — 60. p. 126 A. — Technol. XXII. 1861. p. 339 — 340.

62) Horizontale, eingetauchte Räder bei Dampfschiffen, von Faulcon. Gén. ind. XVII. 1859. 141 — 142 A.

63) Kuppeln von Schiffen, um den Widerstand herabzuziehen, von Bourne. Artiz. VIII. 1850. p. 145 — 150 A; daselbst XIV. 1856. p. 262 und 283, daselbst XXII. 1864. p. 100. — von Nillus. Gén. ind. XVII. 1859. p. 228 — 229 A. — von Gompertz. Pract. Mech. XIII. $18^{60}/_{61}$. 184 — 185 A.

64) Aquamoteur. Mém. compt. rend. 1863. p. 39 — 52.

65) Hydraulische Kette des Giovanni Basiaco. Pyramiden von Holz mit rectangulärer Grundfläche zu biegsamer Kette ohne Ende verbunden, welche über eine Trommel geht. Zum Schiffschleppen. Pol. Centr. XXII. 1856. p. 1308 bis 1311.

66) Lake's Propulsion von Canal-Schiffen. Die vom Wasser getragenen Schiffe bewegen sich zwischen Gestellen, die mit Schienen versehen, worauf vom Schiffe aus getriebene Räder laufen. Civ. Eng. Arch. XV. 1852. p. 237.

67) Rad, welches Strömung im Canal hervorbringt, welcher die Schiffe folgen. Von Leterre. Artiz. XVI. 1858. p. 202.

68) Hydro-Locomotive von Planavergue. Hohler Cylinder mit Zellen, auf dem Wasser fortrollend. Gén. ind. VIII. 1854. p. 278 — 279.

69) Canäle mit geneigten Ebenen und directem Aufziehen der Schiffe durch Dampfmaschinen. Elbing oberländ. Canal. Vereins-Z. 1862. p. 723 — 725, aus Berl. Bauz. XI. 1861. p. 150 — 156 A. Morris-Canal, in Stevenson: Sketch of the civ. eng. of North America.

70) Schiffe in Kasten aufgezogen, unter Zuhülfenahme von Schleusen, von Fletcher. Mech. Magaz. I. 1859. p. 26 A.

71) Canalschiffe, schwimmend auf einem Wagen aufgezogen. Schiefe Ebene des Monkland-Canal bei Blackhill von Leslie. Civ. Eng. Arch. XV. 1852. p. 201 — 203 A. Auch Pol. Centr. XVII. 1851. p. 1363 — 1366. — Für Canal über die Pyrenäen, von Montet. Eisenb.-Zeitg. IV. 1846. p. 20. — Morris-Canal. Förster VI. 1841. p. 229 — 237 A. Auch in Chevalier, histoire des voies de communication aux états unis.

Zweiter Abschnitt.

Capitel III.

Vergleichung der Communications-Wege und Charakteristik derselben.

Zur Zeit der Entstehung der Eisenbahnen wurde selbst von Aufgeklärten an der künftigen grossen Entwickelung und sogar an dem Nutzen derselben gezweifelt, während heute Jedermann von deren Nutzen und Einfluss auf das materielle wie geistige Wohlsein der Nationen überzeugt ist; man ist nur noch nicht einig, welches Gebiet sie sich erobern werden und ob für den Transport sehr grosser und schwerer Massen die Flüsse und Canäle, wegen der geringeren Anlagekosten, auf die Dauer mit ihnen werden concurriren können. Nach Einigen ist die Superiorität der Eisenbahnen eine absolute, sie können jeder Concurrenz begegnen und werden alle übrigen Communicationsmittel mit der Zeit ersetzen. Es ist daher nicht ohne Interesse, zu untersuchen, in welchen Fällen die eine oder andere Art der Communication die zweckmässigste ist.

Zuerst möge untersucht werden, für welche Zwecke noch die gewöhnlichen Strassen neben den Eisenbahnen angebracht sind.

A. Chausseen und Landstrassen.

Rechtwinkelig gegen die Eisenbahnen gerichtet, sind die Strassen die Beförderer der Frequenz derselben, indem sie solche mit Waaren wie Personen aus den Aufnahmekreisen des Verkehrs versorgen, die um so weiter ausgedehnt sind, je zahlreicher und besser die an die Bahn führenden Strassen sind.

Parallel mit den Eisenbahnen können die Strassen sich meistens nur einen gewissen Verkehr auf kurze Distanzen erhalten, da sie mehr in das Innere der Städte und Ortschaften dringen und weil die Ersparniss, welche die Eisenbahn an Fracht gewähren kann, durch das häufigere Umladen compensirt

wird. Auf den Strassen können die Waaren und Personen unmittelbar an Ort und Stelle vor die Thür gelangen, bei den Eisenbahnen kommen sie auf Stationen an, welche häufig von der Stadt entfernt sind.

Dies ist ein Hauptgrund, wesshalb z. B. kurze Producten- und Kohlenbahnen, Bahnen in der Nähe grösserer Absatzorte, nicht immer mit dem Landtransporte nach der Stadt für die in derselben bleibenden Kohlen und Producte concurriren können. Der Himpten Kohle (von 54 Pfd.) vom Bergwerk auf 3 bis 4 Meilen angefahren, koste (vom Deister nach Hannover) z. B. 12 ₰ Fuhrlohn. Auf der Eisenbahn stelle sich die Fracht für dies Quantum etwa nur auf 6,7 ₰, aber der Transport per Landfuhre von der Grube an die Bahn kostet 2 ₰ und endlich die Vertheilung in die Stadt 2 ₰, so dass im Ganzen 10 ₰ Kosten erwachsen. Man könnte also durch billigere Eisenbahnfracht nur 1 bis 2 ₰ gewinnen. Das Sachverhältniss wäre günstig für die Eisenbahn gewesen, wenn unter übrigens gleichen Umständen die Bergwerke 20 Meilen von der Stadt entfernt gewesen wären, weil man dann durch die billige Bahnfracht erheblich hätte gewinnen können und der Einfluss der constanten 4 ₰ auf die ganze Fracht geringer gewesen wäre. Ausserdem entgehen einer so kurzen Bahn grosse Quantitäten von Producten, da bei der Entfernung von 3 Meilen, welche die Fuhrleute mit voll hin und leer zurück per Tag *ohne* Uebernachtung abmachen können, viel Verkehr dem Landfuhrwerke verbleibt. Noch mehr ist dies der Fall mit dem Productenverkehr aus den der Hauptstadt näher gelegenen und dort ihren Markt findenden Ortschaften, da die Transportirung der ländlichen Producte vom Bahnhof bis auf den Markt und der Transport des Verkäufers nach der Stadt, zu grosse Kosten verursachen würde. Je näher einem grossen Verkehrscentrum, um so schwächer kann im Allgemeinen der Productenverkehr auf den näher gelegenen Eisenbahnstationen werden.

Die Strassen sind in Ländern mit hohen Gebirgen den Eisenbahnen oft vorzuziehen, weil der Betrieb letzterer, wegen der starken Curven der Bahn und der starken Steigungen, die nur mit oft unerschwinglichen Anlage-Kosten zu vermindern sind, zu kostbar werden würde. Man hat desshalb nur ausnahmsweise Eisenbahnen über hohe Gebirgsketten geführt, und meistens nur, wenn es sich um die Verbindung von in den Ebenen zu beiden Seiten gelegenen *grösseren Linien* handelte. So z. B. bei der Bahn von Turin nach Chambery, wo man den Mont Cenis mit einem langen Tunnel durchfährt, und ähnlich in Amerika die Bahn über die Blue mountain ridges, bei der projectirten Gotthardbahn u. s. w.

Ferner sind in den meisten Fällen die gewöhnlichen Strassen den Eisenbahnen in Ländern vorzuziehen, wo die Circulation einen gewissen Grad von Lebhaftigkeit noch nicht erreicht hat, oder in der ersten Zeit noch nicht erreichen dürfte.

Denn um eine Eisenbahn rentiren und das Anlagecapital sich verzinsen zu lassen, ist es erforderlich, dass eine gewisse Brutto-Einnahme, also ein gewisses Quantum von Gütern oder Personen auf eine gewisse Distanz zu transportiren vorhanden sei, welches Quantum sich indessen im Allgemeinen, da die Anlagekosten und sonstigen Umstände bei einer Bahn

verschieden sind, im Voraus schwer bestimmen lässt. Es wird z. B. im Allgemeinen noch wenig vortheilhaft sein, eine Eisenbahn zu erbauen, wenn der jährliche Verkehr auf der ganzen Länge derselben nicht etwa 100—150,000 Tonnen [1, 2 u. 3]), oder eine entsprechende Anzahl Reisender beträgt. Dabei ist indessen der mögliche Tarif von grossem Einfluss und auf mit den Eisenbahnen concurrirenden Strassen oder Canälen können die Concurrenten oft die zur Vergleichung gedient habenden Tarife herabsetzen, indem sie annehmen, dass das Anlagecapital letzterer Communicationen schon durch frühere Ueberschüsse amortisirt ist.

[1]) Beispielsweise rentirte eine projectirte Kohlen- und Producten-Eisenbahn (früheres Project der Deisterbahn bei Hannover) bei einem jährlichen Quantum von 700,000 Ctr. Producten und 3,000,000 Ctr. Kohlen, durchschnittlich auf 3,6 Meilen gefahren, mit 3,5 Procent, einen zulässigen Tarif von $2^1/_2$ ₰ pro Meile und per Ctr. Kohle und von etwa 4 — 5 ₰ per Ctr. Gut durchschnittlich vorausgesetzt, bei einem Anlagecapital von 1,700,000 Thlr.; während sie, wenn das Quantum sich auf das Anderthalbfache erhoben hätte, neben einer Verzinsung von $4^1/_2$ Proc. und 1 Proc. Amortisation, noch einen Ueberschuss ergeben hätte.

[2]) Gesetzt, die Meile Bahn koste nur 300,000 Thlr. und das Anlagecapital sei mit 5 Proc. zu verzinsen und amortisiren, also jährlich mit 15,000 Thlr. Dann müsste, wenn die Betriebskosten 50 Proc. der Brutto-Einnahme betrügen, die jährliche Einnahme 30,000 Thlr. sein. Bei einem Tarife von $3^1/_3$ ₰ oder $^1/_{90}$ Thlr. pro Centner und Meile entspräche dies 2,700,000 Ctr. Güter auf eine Meile gefahren, oder die Tonne zu 20 Ctr. gerechnet 135,000 Tons. Bei einer geforderten Verzinsung und Amortisation von 4 Proc. hätte man, wenn die Betriebskosten 50 Proc. bleiben, 24,000 Thlr. per Meile und 2,160,000 Ctr. oder 108,000 Tons. Für 10 bis 15 Ctr. könnte man etwa eine Person rechnen; indessen sind dies nur gegriffene Zahlen.

[3]) Untersuchung, wann Eisenbahnen und wann Chausseen indicirt sind, mit Bezug auf das Transportquantum.

Sind T die Gesammtkosten des Transports per Centner = Gewichtseinheit und per Längeneinheit z. B. Meile, und ist F die jährliche Frequenz über die Meile in Centnern, so entsteht also per Meile eine Ausgabe F T für die Beschaffung des Transports. Diese Ausgabe muss bei einer Chaussee decken: 1) die Verzinsung des Anlage-Capitals = Z und 2) die Unterhaltungs- und Generalkosten (letztere: Besoldung des Personals etc.), wobei die Unterhaltungskosten vorwiegen, = U und 3) die eigentlichen Transportkosten, welche für die Beschaffung des Transports selbst (Pferde, Wagen und Führer) per Ctr. und Meile erwachsen und = F t gesetzt werden mögen. Man hat also für eine Chaussee:

$$F_c\, T_c = Z_c + U_c + F_c\, t_c.$$

Für eine Eisenbahn hat man dasselbe, nur dass die Unterhaltungs- und Verwaltungskosten mit der Grösse des Betriebes veränderlicher sind als bei Chausseen. Der Einfachheit halber werden sie hier in beiden Fällen constant gesetzt. Rechnet man T zu 3 ₰ pro Centner bei einer Güterbahn, so kommen davon im Mittel 50 Proc. = $1^1/_2$ ₰ auf Verzinsung, und die übrigen $1^1/_2$ ₰ vertheilen sich etwa zur Hälfte auf die von der Frequenz abhängigen, zur Hälfte auf die von ihr unabhängigen Kosten. Man hat also:

$$T_b\, F_b = Z_b + U_b + F_b\, t_b.$$

Hieraus folgt:

$$T_c = \frac{Z_c + U_c}{F_c} + t_c$$

und

$$T_b = \frac{Z_b + U_b}{F_b} + t_b.$$

Sollen beide Preise gleich sein, so erhält man:

$$\frac{Z_c + U_c}{F_c} + t_c = \frac{Z_b + U_b}{F_b} + t_b$$

und hieraus, wenn man $F_b = n F_c$ setzt:

$$n [Z_c + U_c + F_c (t_c - t_b)] = Z_b + U_b$$

oder

$$n = \frac{Z_b + U_b}{Z_c + U_c + F_c (t_c - t_b)}.$$

Beispiel. Es sei das Anlage-Capital einer Chaussee $A_c = 30{,}000$ ₰ per Meile, dann ist mit 4 Procent Zins $Z_c = 1200$ ₰. Ferner sei $U_c = 900$ ₰ per Meile, und $F_c = 500{,}000$ Centner über jede Meile jährlich, und der Centner koste 6 ₰ $= t_c$ die Meile (ohne Chausseegeld, welches in U_c steckt). Ferner sei das Anlage-Capital der Bahn $A_b = 400{,}000$ ₰ per Meile (nebst Betriebs-Material), also $Z_b = 16{,}000$ ₰, U_b per Meile $= 5000$ ₰ (constante von der Frequenz unabhängige Betriebskosten), t_b per Centner und Meile $0{,}75$ ₰, so hat man:

$$n = \frac{(16{,}000 + 5000)\ 300\ ₰}{300\ (1200 + 900) + 500{,}000\ (6 - 0{,}75)}$$

$$= \frac{63{,}000}{6300 + 5000\ .\ 5{,}25} = \frac{63{,}000}{32{,}550} = 1{,}9354,$$

also muss der Verkehr über eine Meile jährlich $1{,}9354 . 500{,}000 = 967{,}700$ Centner betragen, damit die Bahn billiger fördern könne. Ist oder wird er grösser, so kann die Bahn immer billiger fördern und der Tarif T_b sich, da Z_b mit F_b nicht, und U_b langsamer als F_b wächst, immer mehr dem Preise t_b nähern, ohne ganz auf ihn fallen zu können.

Man hat in der That für die Kosten des Centners auf der Chaussee:

$$T_c = \frac{300\ (1200 + 900)}{500{,}000} + 6\ ₰ = 1{,}26 + 6 = 7{,}26\ ₰$$

und auf der Bahn:

$$T_b = \frac{300\ (16{,}000 + 5000)}{967{,}700} + 0{,}75 = 6{,}51 + 0{,}75 = 7{,}26\ ₰$$

und als Grenzen 6 ₰ und 0,75 ₰, wenn der Verkehr sich einem unendlich grossen immer mehr nähert.

Mehr noch als bei den Reisenden hat die Entfernung der Eisenbahn-Station von den Hauptwaaren-Depots Einfluss auf den Verkehr der Bahn. Indessen absorbiren die Eisenbahnen auch nicht immer alle Reisenden, wenn die Orte der Ankunft und Abreise, die Stationen, weit vom Mittelpunkte der Stadt liegen. So z. B. findet zwischen Paris und Versailles, ungeachtet zwei Eisenbahnen vorhanden sind, noch ein starker Wagenverkehr statt, der zum grossen Theil von den zwischenliegenden Orten herrührt. — Nach Eröffnung der Hannover-Hildesheimer Bahn fuhr längere Zeit ein Omnibus zwischen Algermissen und Hildesheim, besonders weil die Abfahrzeit der Züge nicht dem Publicum convenirte, oder nicht häufig genug die Züge gingen.

Ausnahmen von dem früher Erwähnten finden unter besonderen Umständen statt. Z. B. in Amerika, wo man mit Eisenbahnen in gänzlich wüste Territorien vordringt, aber diese Communicationen sehr billig herstellt und sie durch den Werth des urbar gemachten Landes bezahlt macht. In Industrie-Bezirken führen Zweigbahnen häufig nach industriellen Etablissements, Steinbrüchen etc., weil, obgleich der Verkehr für diese Strecken nicht stark, die Kosten des Umladens schwerer Massen zum Weitertransport auf der Bahn, wenn solche auch nur einen kleinen Weg per Landfuhr zu transportiren wären, zu hoch sein würden.

Kosten des Transports mit Pferden auf Landstrassen.

1) Die Zugkraft und deren Kosten giebt Hartmann mit Berücksichtigung der Geschwindigkeit auf folgende Weise an.

Bei	Geschwindigkeit in Stunde.	Tägl. Dienst.	Tägl. Weg.	Die Zugkraft.	Ruht das Pferd 1 Tag von	Kostet zu erhalten jährlich	Centner Zugkraft kostet per Meile		Dauer.
Langsamgehend. Frachtpferd.	1000	9	9000	110	5	426	9	6	6 Jahre.
Schnellgehend. Frachtpferd.	2400	3	7200	70	4	456	22	0,8	5 Jahre.
Engl. und franz. Diligence.	4250	$1^1/_2$	6375	$42^2/_3$	3	497	39	8	4 Jahre.
	Ruthen à 12'.	Stunden.	Ruthen.	Pfund.	Tagen.	Thlr.	gr	₰	

Darin Amortisation, Futter, Streu, Beschlag, Geschirr, Stallgeräth, Lohn des Kutschers, Kleidung desselben, Erhaltung und Erneuerung der Stallung.

Steenstrup, p. 381.

2) Jährliche Kosten eines Pferdes zum Kohlenfahren vom Deister nach Hannover:

Täglich pro Pferd 10 Pfd. Heu .... = 2,5 gr			
1 Himpten Hafer ($^5/_4$ Cub.-Fuss) = 20,0 „			
Streu .... 2,0 „			
Täglich . . 24,5 gr			
oder jährlich Heu, Hafer und Streu	298 Thlr.	2,5 gr	
1 neues Geschirr kostet 20 Thlr. und dauert 3 Jahr, also Ersatz jährlich $6^2/_3$ Thlr., setze mit Zinsen rund	8 „	— „	
Reparatur des Geschirres pro Jahr	3 „	— „	
Hufbeschlag, 8 neue Eisen à 18 gr, 15 alte Eisen à 4 gr	6 „	24 „	
Ein solches gutes Arbeitspferd kostet 200 Thlr. und dauert etwa 8 Jahre. Also für Ersatz und Zinsen $\left(\frac{200}{8} + 2 \cdot 4\right)$ (bei 4 Proc.)	33 „	— „	
Thierarzt und Medicamente, wie zur Abrundung	4 „	3,5 „	
Summe 1 Pferd.	353 Thlr.	— gr	

Hierbei ist noch nichts für Unglücksfälle (Crepiren etc.) gerechnet.

Für Mist kann man jährlich etwa 10 Thlr. abrechnen.

Ein neuer Wagen für 120 Himpten Kohlen = 65 Centner etwa, kostet 110 Thlr. und dauert 10 Jahre, also jährlich Ersatz 11 Thlr. + 5 Thlr. Zinsen 16 Thlr.
Reparatur des Wagens jährlich und Schmiere etwa .... 18 „
Summe . . 34 Thlr.

Mithin kostet ein Gespann mit 2 Pferden jährlich 2 . 353 + 34 = 740 Thlr. an Selbstkosten.

Der Deisterfuhrmann nimmt täglich $3^1/_2$ — 4 Thlr. ein (pro Himpten, 54 Pfd., nach Hannover 10 — 12 ₰), wovon nach Abzug von etwa 16 gr Chausseegeld, höchstens 3 Thlr. 14 gr bleiben. Vom Deister nach Hannover ist die Entfernung etwa durchschnittlich $3^1/_2$ Meile, welche der Fuhrmann 5 mal, selbst 6 mal in der Woche (und zwar täglich in einer Tour hin und her, also 7 Meilen) fährt. Er verdient, reichlich 286 Tage im Jahre gerechnet, also rund 1000 Thlr. Bleiben für ihn 260 + 20 Thlr. für Mist = 280 Thlr., wovon er existiren und auch die Stallung für das Pferd beschaffen muss. Er lebt kümmerlich und kommt meistens an den Trunk, wesshalb dies Kohlenfahren für eine demoralisirende Industrie angesehen werden muss (welche mit Erbauung einer Eisenbahn aufhören würde). Ausserdem kommt Pferdeschinderei vielfach vor, da auf häufig steiler Chaussee ein Pferd 28 — 29 Centner Netto, zuweilen noch mehr ziehen muss.

Vergleichung der Transporte auf Canälen, Chausseen und Eisenbahnen durch Mittelwerthe.
1 Meile Chaussee 30,000 Thlr. Verwaltung und Unterhaltung jährlich 1500 Thlr. Bei 150 Pferden täglich à 1 gr, hat man per Jahr Einnahme 1825 Thlr.

Transport durch 4spännige Frachtwagen. Anschaffungskosten und Unterhaltung eines Pferdes, incl. Neubeschaffung per Jahr 300 ₰, also 4 Pferde 1200 ₰. Fuhrmann 220 ₰. Anschaffung und Unterhaltung des Wagens mit Zinsen des Anlagecapitals 200 ₰, Summe 1700 ₰ pro Anno, 200 Arbeitstage mit 80 Ctr. Ladung, 4 Meilen täglich, kostet per Ctr. und Meile 8 ₰, bei 60 Ctr. 10,7 ₰, bei sehr zu schützenden Sachen Erhöhung um 25 — 50 Proc. Andererseits Erniedrigung bei gewöhnlichen Sachen.

Transport auf Canälen. Zugkraft auf Canal 1 gesetzt, auf Eisenbahnen 4 — 5, auf Chaussee 30. Anlagekosten 200,000 ₰ bis selbst 600,000 ₰.

200,000 ₰ zu 5 Proc. = 10000 ₰, Unterhaltung und Verwaltung 1000 ₰. Die Schiffe laden 2000 Ctr. 8 Monate Betrieb. 10 beladene Fahrzeuge täglich, also jährlich 4,800,000 Ctr., giebt 0,07 gr für Zölle.

Mittlere Transportkosten auf Canälen des Binnenlandes in Deutschland, excl. Zölle und Abgaben, per Meile etwa 0,1 gr; und mit Zöllen 0,15 gr. — In Frankreich nur 0,1 gr. — In Belgien: Charleroi-Brüssel, per Ctr. und Meile 0,148 gr.

Mittlere Transportkosten: 1) auf Chausseen 0,75 gr, 2) auf Canal 0,15 gr, 3) auf Eisenbahn 0,3 gr. Canal : Eisenbahn : Chaussee = 1 : 2 : 5.

Frankreich. Eisenbahn per Person und Meile 3,75 gr, per Ctr. und Meile 0,225 gr, Chaussee per Person 6½ gr, per Ctr. 0,59 gr. — Canäle per Person 2,37 gr, per Ctr. 0,118 gr. Canal : Eisenbahn : Chaussee = 1 : 1,9 : 5. (Nouv. Annal. Opperm. 1857.)

Die Strassen sind mit einem geringen Anlagecapitale und mit verhältnissmässig geringen Unterhaltungs- und Verwaltungskosten behaftet. Das Betriebsmaterial ist billig, leicht von dem Einzelnen zu beschaffen, und der Verkehr ist nicht wie bei Eisenbahnen an bestimmte Abfahrts- und Ankunftszeiten gebunden, sondern findet jeder Zeit unbehindert statt. Dagegen sind die Zugkosten gross, verglichen gegen Eisenbahnen, die Grenze des Transportpreises bei sehr grossem Verkehr kann aber nie unter die Zugkosten sinken.

Bei den Eisenbahnen finden die umgekehrten Verhältnisse statt, und hierin würde schon die Superiorität der Eisenbahnen bei starkem Verkehr begründet sein, ganz abgesehen von den Vortheilen der grossen Geschwindigkeit.

Die Eisenbahnen verhalten sich zu den Strassen, wie die Fabrikarbeit, welche grosse Quantitäten mit Maschinen producirt, zur Handarbeit und zum kleinen Betriebe.

B. Eisenbahnen.

Die Eisenbahnen leisten bis jetzt das Meiste im Kampfe gegen die Entfernungen, sie fördern mit einer bis dahin unbekannten Geschwindigkeit, mit einer fast mathematischen Regelmässigkeit, in fast ununterbrochener Weise und zu sehr geringen Transportpreisen wegen der ausgedehnten Benutzung der Dampfkraft. Sie können um so billiger fördern, je grösser der Verkehr auf ihnen ist.

Charakteristik der verschiedenen Classen von Eisenbahnen.

I. Internationale Bahnen, durchgehende Bahnen, Weltbahnen.

Hauptbahnen für den durchgehenden und directen Verkehr — Anlage durch den Staat oder grosse Compagnien — Subventionen oder Zinsen-

garantien seitens des Staates — ausgedehnte Anwendung des Expropriationsgesetzes. — Möglichst kurzer Weg, mit Beiseitesetzung der Local-Interessen, die durch Zweigbahnen zu vermitteln sind. — Flache Steigungen — Curven von grossem Halbmesser, daher oft grosse Erdarbeiten und Kunstbauten erforderlich — alle Arten Züge: Courier- und Schnellzüge, Personenzüge, gemischte Züge, Güterzüge, Viehzüge etc., — grosse Geschwindigkeit, — durchgehende Wagen — Billetausgabe für den internationalen Verkehr an vielen Stationen, — zahlreiche Nachtzüge. — Solide Bauart für grosse Geschwindigkeit, — Acquisition des Terrains für 2 Gleise — massive und eiserne Brücken, hölzerne nicht zulässig, — ausgedehntes und vollständigstes Signalwesen, — vollständige Einfriedigung, — möglichste Vermeidung von Bahnkreuzungen und Wegübergängen im Niveau, — grosse und luxuriöse Stationen und Verwaltungsgebäude, grosse Hallen, ausgedehnte vollständige Bahnhöfe, — bei grossem Verkehr oft Personen-, Güter- und Rangirbahnhöfe getrennt. — Grenze der Tarife: concurrirende Bahnen oder sonstige Hauptcommunicationen.

Möglichkeit und Tendenz die niedrigsten Tarife einzuführen, weil sich die Generalkosten auf grosse Quantitäten vertheilen, daher die Einheit billig befördert werden kann: meistens Rückfracht, daher die Locomotiven, Wagen und Personal gut ausgenutzt werden — Differenzialtarife können den Verkehr befördern. Immer mit Dampfkraft betrieben, schiefe Ebenen mit stehenden Maschinen ausgeschlossen.

In der Rentabilität meistens von vorne herein nachweisbar. — Wichtig für strategische Zwecke. Breite Spur (4′ 8″ engl. = 1^{m},436), die anschliessenden Hauptbahnen nach ähnlichen Principien gebaut.

Princip: Die bessere Tracirung und Profilirung, die vollkommenen Einrichtungen des Betriebs-Materials und der Gebäude sind zwar kostbar, aber motivirt bei dem grossen Verkehr der Personen und Güter und ziehen diese an. Die durch so vollkommene Einrichtungen bewirkte Ersparniss an Betriebskosten ist grösser als die Verzinsung des Mehrs an Anlagecapital gegenüber unvollkommener hergestellten Bahnen. —

II. Nebenbahnen oder secundäre Bahnen

mit gewöhnlicher Spur (1^{m},436), wenn Massengüter transportirt werden, deren Umladung nicht vortheilhaft und wo beide Enden der Bahn an Hauptbahnen anschliessen oder wahrscheinlich zum Anschluss kommen werden; dienen mehr dem Localverkehr und berühren daher viele Orte, selbst mit einigen Umwegen, und sollen durchgehenden Verkehr nicht besorgen, vermitteln aber Anschluss an die Hauptbahnen, befördern mit geringerer Geschwindigkeit so-

wohl die Personen- als Massentransporte. Wegen geringerer Geschwindigkeit, kleinerer und häufigerer Züge, sind stärkere Steigungen und kleinere Curven zulässig, daher mit geringerem Kostenaufwande herstellbar, weil Erdarbeiten geringer, Kunstbauten in geringerer Anzahl erforderlich, Wegübergänge im Niveau überall zulässig, weniger Einfriedigung, einfachste Herstellung der Bahnhöfe, — Uebergang des Wagenmaterials der Hauptbahn auf diese Bahnen, schwere Locomotiven der Hauptbahn dagegen zuweilen ausgeschlossen, dann leichterer Oberbau zulässig.

Grundsätzliches Aufgeben der Opulenz in den Bau- und Betriebseinrichtungen der Hauptbahnen. — Am meisten kann man bei Erdarbeiten, Oberbau und den Bahnhöfen sparen.

Einfachster Betrieb, wenig Personal beim Betriebe wie bei der Verwaltung. Sie haben mehr den Charakter von industriellen Unternehmungen, directe Staatssubventionen gering oder nicht vorhanden. Dagegen mögliche Betheiligung der Gemeinden und Anlieger, vollste Freiheit der Unternehmer und Erbauer hinsichtlich der Bauwerke, besonders der Hochbauten, Zulassung von Holzbrücken, möglichste Einschränkung der bau- und betriebspolizeilichen Vorschriften, einfaches Signalwesen. Befreiung von baulichen Leistungen für Post-, Zoll- und Telegraphen-Verwaltung, von Leistungen des Betriebes für den Staat, z. B. billigem Transporte der Post, des Militairs, von Gefangenen etc., volle Freiheit in Festsetzung der Tarife, welche meistens höher sein müssen, als die der Hauptbahnen, weil der Verkehr geringer, und auch höher sein können, wenn nur der Concurrenz des Landfuhrwerks auf den gleichlaufenden Strassen zu begegnen.

Einfache Vorschriften betreffs Führung des Rechnungswesens und der Statistik, Zulassung der Benutzung von Chausseen und sonstigen Wegen, Deichen etc. zur Mitbenutzung für die Bahn, Erleichterung des Grunderwerbes durch besondere und dem Unternehmen günstige Expropriations-Gesetze.

Die Herstellung kann noch gefördert werden durch Subventionen, Bauprämien etc. vom Staate, unentgeltliche Hergabe von Ländereien, Baumaterial etc., Befreiung des Unternehmens von Stempel, Zoll und ähnlichen Staats- und Gemeinde-Abgaben.

Endlich Begünstigung der Bahn durch die anstossenden Hauptbahnen, durch Gestattung der Mitbenutzung von Anlagen derselben, namentlich der Bahnhöfe, gegen billige Vergütung; Abgabe von Betriebsmaterial zu billigen Kauf- oder Miethpreisen, Uebernahme der Betriebsführung unter günstigen Bedingungen für die secundäre Bahn;

alles dies: weil auch der Hauptbahn durch gesteigerten Verkehr der secundären Bahn Vortheile erwachsen.

Princip: Bessere Entwickelung des Verkehrs als durch Landfuhrwerk geschehen kann, präcisere und massenhaftere Beförderung zu mehr festen Tarifen, während die des Landfuhrwerks häufig Schwankungen in Folge von Angebot und Nachfrage ausgesetzt sind. Ueberhaupt Ermöglichung einer dem Verkehre angepassten, daher sofort sich verzinsenden Bahn, während Hauptbahn zu theuer und das Capital dazu nicht zu beschaffen sein würde.

III. Tertiäre Bahnen.

Aehnlich wie secundäre, für noch mehr untergeordnete Verhältnisse, Sackbahnen für voraussichtlich begrenzten Verkehr, meistens nur Orte von geringer Bedeutung verbindend, in Thälern oder auf Plateaux liegend, daher Vermeidung der Ueberschreitung von Bergrücken und tiefen Thälern. Productenbahnen zum Anschluss an Hauptbahnen und an secundäre Bahnen, geringer Personenverkehr, Transporte von Rohproducten, häufig nur geringes Transportquantum und kurze Entfernungen, starke Steigungen und Curven, geringe Geschwindigkeit, Anhalten an allen Stationen, vorwiegend gemischte Züge, Uebergänge im Niveau, welche nicht bewacht zu sein brauchen, einfachste Kunstbauten für ein Gleis, einfachste Bahnhöfe, zwangloser einfacher Betrieb, event. mit zur Zeit nur einem Zuge auf der Bahn, nur Tagesdienst; sonst wie bei secundären Bahnen.

Können auch mit kleinerer Spur als die Hauptbahnen gebaut werden (1^{m} bis 0,^{m}75), dann ist grosse Ersparniss an Erdarbeiten und Bauwerken möglich, weil bei engerer Spur und kleinerem Radstande der leichteren Wagen kleinere Curven zulässig, die Brücken weniger stark gebaut werden können, auch weniger Terrainbedarf erforderlich ist, wesshalb Benutzung des Terrains und der Brücken von vorhandenen Chausseen oft möglich, wo zugleich die Wirthshäuser als Stationen dienen können; die Wagen können so beschaffen sein, dass sie als gewöhnliches Fuhrwerk auch auf die Chaussee übergehen können.

Beim Verkehr mit Hauptbahnen ist Umladen erforderlich, dagegen können Bahnen mit enger Spur oft unmittelbar in die industriellen Etablissements zum Einladen geführt werden, was bei Hauptbahnen, weil dort die Curvenradien nicht unter ein bestimmtes Maass, dem Radstande der grösseren Wagen entsprechend, kommen dürfen, nicht angeht. Das event. von den Gleisen des Etablissements auf das Land-

fuhrwerk erforderliche Aufladen, oder überhaupt die Dazwischenkunft von Landfuhrwerk kann bei engspurigen Bahnen also wieder vermieden werden.

Bei geringen Entfernungen industrieller Etablissements von Hauptbahnen können, weil das Umladen verhältnissmässig stark auf den ganzen Transportpreis influirt, tertiäre Bahnen als breitspurige indicirt sein, besonders bei grossen Transportmassen; bei grösseren Entfernungen und geringem Transportquantum dagegen als schmalspurige. Der Betrieb schmalspuriger kann durch kleine Locomotiven oder auch durch Pferde geschehen. Erstere sind, weil sie den Zug bremsen können, bei starken Steigungen bequemer.

Princip: Geringstes Anlagecapital für Bau und Betrieb, daher auch mit kleinen Mitteln die Anlage ermöglicht werden kann.

Geschwindigkeit auf Eisenbahnen.

Die Geschwindigkeit auf Eisenbahnen wird durch keine andere Transportmethode bis jetzt erreicht, geschweige denn übertroffen.

Auf englischen Eisenbahnen ist sie im Allgemeinen die grösste, und die effective Geschwindigkeit der Personenzüge (mit Einschluss der Aufenthalte) oder die wirkliche Entfernung in einer Stunde, auf welche die Passagiere befördert werden, ist wie folgt:

Arten der Züge.	Effective Geschwindigkeit (mit Einschluss der Aufenthalte) per Stunde *).			
	engl. Meilen.	Kilom.	geogr. Meilen.	Fahrzeit für die geogr. Meile in Minuten im Durchschnitt.
Post trains (mail trains).....	38 - 40	60 - 65	8,2 - 8,7	7,1
Express trains.............	36 - 38	58 - 61	7,8 - 8,2	7,5
Fast trains (Schnellzüge)....	30 - 35	48 - 54	6,5 - 7,6	8,5
Ordinary trains (gewöhnliche Personenzüge)...........	25 - 30	40 - 48	5,4 - 6,5	10,0
Parliamentary trains........	19 - 24 oder 25	30 - 40	4,1 - 5,4	12,6

Von London nach Edinburg (sind 401 engl. Meilen = 645 Kilom. = 87 geogr. Meilen) fahren die Mail trains in 10 Stunden 32 Minuten, also etwa 8,26 Meilen in der Stunde, wobei an 8 — 10 Stationen gehalten wird. Das Dampfschiff zwischen London und Edinburg gebraucht 22 — 24 Stunden. Die wirkliche Geschwindigkeit auf Bahnen mit grossen Curvenhalbmessern und geringen Steigungen, wie die englischen Hauptbahnen es sind, in voller Fahrt, ist aber erheblich grösser als die obigen, und zwar 45 — 50 engl. Meilen = 9,8 — 10,9 geogr. Meilen per Stunde; auf einzelnen Strecken mit Gefälle kommen sogar Geschwindigkeiten vor, welche 55 selbst 60 engl. Meilen = 11,9 — 13,02 geogr. Meilen per Stunde entsprechen.

Zwischen London und Rugby (80 engl. Meilen) gehen täglich 113 — 114 Züge (Güter- und Personenzüge) in beiden Richtungen, oder 56 — 57 in jeder, nicht inbegriffen 25 — 30 Züge (12 — 15 auf jedem Gleise) innerhalb der Bannmeile oder sonstige Localzüge auf kurzen Strecken für Reisende und Güter.

Von Liverpool nach London, 323 Kilom. = 43,61 geogr. Meilen, fährt man, da der Zug bei Rugby ohne anzuhalten Wasser nimmt, in Wagen mit Schlafcoupés, Caffeesalons etc. in 4 Stunden mit dem Express. Also die geogr. Meile in $5^1/_2$ Minuten.

*) 1 Kilom. = 0,135 geogr. Meile, 1 engl. Meile = 0,217 geogr. Meile.

Tarife auf Eisenbahnen.

a. Für Personenbeförderung.

Auf der London-Brighton-Bahn beträgt das Personengeld für die I. Classe der Expresszüge 17 — 18 Centim. per Kilom. oder 10 — 10,7 gr per geogr. Meile, für die II. (oder die I. der gewöhnlichen Personenzüge) 13 — 14 Centim. per Kilom., oder 7,7 — 8,3 gr per Meile. Für die II. Classe der gewöhnlichen Personenzüge 12 Cent. per Kilom. oder 7,1 gr per Meile, für die III. Classe 7,7 Cent., resp. 4,6 gr, und für die III. der Parliamentary trains 6,2 Cent., resp. 3,68 gr *).

Die Tarife für Personen auf deutschen Bahnen, welche mit denen der französischen Bahnen ziemlich übereinstimmen, sind etwa pro Person (1863) **).

	I. Classe.		II. Classe.		III. Classe.		IV. Classe.	
	pr. Kilom. Centim.	pr. Meile gr	pr. Kilom. Centim.	pr. Meile gr	pr. Kilom. Centim.	pr. Meile gr	pr. Kilom Centim.	pr. Meile gr
Baden	9,0	5,33	6,0	3,55	3,8	2,25	—	—
Baiern	8,6	5,00	4,8	2,84	3,8	2,25	—	—
Oesterreich	11,8	7,00	8,9	5,27	5,9	4,425	—	—
Preussen	10,0	6,00	7,5	4,24	5,0	3,00	2,5	1,48
Frankreich	10,0	6,00	7,5	4,24	5,5	3,26	—	—

Die neueren belgischen Tarife per Meile sind sehr niedrig und nehmen, wie man für zweckmässig hielt, mit der Grösse der Entfernung ab; doch soll man keine guten Erfahrungen damit gemacht haben, vielmehr wird behauptet, dass die Erniedrigung eines Tarifs für Personenverkehr vorzugsweise die unteren Classen treffen muss und den Localverkehr nicht ausschliessen darf ***).

Im Rechenschaftsberichte der niederschlesisch-märkischen Eisenbahn von 1867 finden sich die Selbstkosten pro Person und Meile (ohne Verzinsung und Amortisation des Anlage- und Betriebs-Capitals) zu 1 gr 10,4288892 ₰ angegeben, gegen 1 gr 4,205807 ₰ im Jahre 1866. Für den Güterverkehr waren die durschschnittlichen Kosten pro Centner-Meile 1,086798 ₰ ****).

Die hannoverschen Bahnen hatten 1862 etwa folgende Sätze per Meile und per Centner Zollgewicht: Eilfracht $8\frac{1}{3}$ ₰, Normalclasse 4,2 ₰, ermässigte Classe: A. Mineralien, Getreide, Baumwolle, Garten-, Feld- und Baumfrüchte $3\frac{1}{3}$ ₰, B. in ganzen Wagenladungen: Holz, Holzkohlen, Kalk, Steine etc. 2 ₰. Ausnahme-Tarife: Mergel, Gyps, Gypsstein, Pflastersteine für die königl. Chausseen $1\frac{1}{4}$ ₰.

Personen in gewöhnlichen Zügen pro Meile: I. Classe 6 gr, II. Classe 4,5 gr III. Classe 3 gr, in Schnellzügen resp. 6,88 gr, 4,88 gr und 3,33 gr. Verein deutscher Eisenbahn-Verwaltungen (etwa 60 Bahnen). Einnahme pro Centner Gut à Meile von 2 ₰ bis 6 ₰; pro Person à Meile von 2,6 gr bis 4 gr. Billigste Fracht für Steinkohlen $\frac{1}{12}$ gr pro Meile und als Constante 2 ℔ Expeditionsgebühr für 100 Centner.

b. Für Güterbeförderung.

Die Tarife für Güter auf Eisenbahnen begreifen meistens verschiedene Classen Güter, die verschieden hoch tarifirt sind, je nachdem sie mehr oder weniger Fracht tragen können. Ausserdem kommt bei der Classificirung Concurrenz mit anderen Bahnen in

*) Francs per Kilom. auf gr per Meile mit 59,3 zu multipliciren.

**) Von Centim. per Kilom. auf gr per Meile mit 0,592 zu multipliciren.

***) Etude statistique d'une expérimentation von J. Malou, Senator. Brüssel. A. Decq. Referat darüber in Zeitschr. des Vereins deutscher Eisenb.-Verw. 1869. pag. 209.

****) Zeitschr. des Vereins deutscher Eisenb.-Verw. 1868. p. 689.

Frage. Die Kosten pro Centner und Meile sollten bei einem richtigen Tarife mit der Entfernung abnehmen. Nicht selten sind diese Tarife Aenderungen unterworfen, und im Allgemeinen halten die Bahnen es in ihrem Interesse, solche nach und nach zu erniedrigen.

Von den normalen abweichende, sog. Differentialtarife kommen vor, wenn der Absender ein bestimmtes Quantum, eine bestimmte Frachteinnahme garantirt, wenn er auf grosse Längen transportirt, vollständig beladene Züge stellt, in flauen Zeiten transportirt, Erleichterungen bei der Beladung und bei der Expedition herbeiführt, verlängerte Lieferungsfristen eingeht, wenn man einzelne Industrien begünstigen will, mit der Schifffahrt concurriren muss etc. Sie haben meistens ein Sinken der Normaltarife im Gefolge, und man kann ihre Einführung in den meisten Fällen mit guten Gründen vertheidigen. Sie gestatten vorher Erfahrungen über die muthmasslichen Erfolge des Herabsetzens der Tarife zu machen.

Dies Verhältniss der Tara zum Nettogewicht schwankt auf verschiedenen Eisenbahnen von 0,5 bis 1,0. Die mittlere Belastung beim Güterverkehr, je nach der Art des Verkehrs, von 0,23 bis 0,60 der Tragfähigkeit der Wagen, so dass diese also bei weitem nicht vollständig ausgenutzt wird.

Englische Kohlentarife. Da ein richtig construirter Tarif für eine gewisse Strecke sich aus einer Constanten (Expeditions-Gebühr) für die Unkosten, welche mit der Transportentfernung nichts zu thun haben, und einem mit der Länge der Strecke zu multiplicirenden Einheitspreise zusammensetzt, also $T = C + l t$ ist, so ist der Satz t_{cm} pro Centner-Meile oder Kilom.-Tonne um so niedriger, je grösser die Entfernung, da $t_{cm} = \frac{T}{l} = t + \frac{C}{l}$ ist.

London-Northwestern Kohlentarif, wenn die Bahn die Wagen stellt *).

	Per Kilom.-Tonne.	Per Centner-Meile.
Entfernung 200 — 320 Kil.	0,0365 Frcs.	1,099 ₰ à 1/10 gr
„ 80 — 161 „	0,05 — 0,07 Frcs.	1,51 — 2,11 ₰
„ 30 „	0,097 Frcs.	2,92 ₰

Aehnliche Tarife hat die Great-Northern. Unter Umständen, bei Verpflichtungen zu grossen Quantitäten, im Sommer, wenn Ueberfluss an Wagen, fährt diese Bahn zu 0,028 Frcs. per Kilom.-Tonne = 0,813 ₰ per Centner-Meile. Ihre Selbstkosten (Zugkraft und Unterhaltung des Materials) berechnet sie zu 0,016 Frcs. per Kilom.-Tonne = 0,482 ₰ per Centner-Meile.

Nach den Schätzungen competenter Personen ist die mittlere Brutto-Einnahme aus den Kohlentransporten in England 5/8 Pence per Ton und engl. Meile oder 0,01 Frcs. per Kilom.-Tonne oder 1,205 ₰, wenn die Compagnien die Wagen nicht liefern; für Wagenmiethe rechnen sie etwa 1/8 Pence per Ton und Meile oder 0,008 Frcs., zuweilen bei grossen Quantitäten nur 0,004 Frcs. per Kilom.-Tonne des beladenen Wagens oder 0,12 ₰ per Centner-Meile.

Im Allgemeinen sind die Frachtpreise für Kohlen in England und Frankreich für lange Distancen dieselben, für kleinere sind sie in England höher.

Die Güterzüge auf den englischen Bahnen haben gewöhnlich (mit Aufenthalt) 30 Kilom. per Stunde (4 geogr. Meilen) Geschwindigkeit; auf der Great-Western-Bahn

*) Tonne auf Kilom. in Francs, auf Centner per Meile in ₰ à 1/10 gr, mit 30,12 zu multipliciren.

(7 Fuss engl. Spurweite) bis 40 Kilom. Die Lieferungsfristen für Waaren sind in England ausserordentlich kurz. Z. B. auf Aberdeen-London (899 Kilom. = 111,4 geogr. Meilen) sind Lebensmittel nach 39 Stunden 40 Minuten, Waaren nach 45 Stunden in den Händen des Empfängers; Liverpool-London (323 Kilom. = 43,6 geogr. Meilen) 12 Stunden Transport, im Ganzen 14 Stunden zwischen Auf- und Ablieferung. Tarife für classificirte Waaren und kleine Collis 3,6 bis 4,82 ₰. In Frankreich ist die Lieferzeit viel länger, aber die Tarife sind etwa die Hälfte der obigen. Aehnlich in Deutschland.

Die mittlere Einnahme aus allen 7 Classen Güter, welche das englische Clearinghouse bei der Abrechnung annimmt, soll 1 Penny per Ton und engl. Meile = 0,0649 Frcs. per Kilom.-Tonne = 1,955 ₰ per Centner-Meile betragen. ²/₃ des Quantums kommen auf Kohlen und sonstige billig tarifirte Bodenproducte, welche in die beiden ersten Classen gehören. Die mittlere Einnahme aus den 5 anderen Classen beträgt 0,12 Frcs. per Kilom.-Tonne = 3,6144 ₰ per Centner und Meile.

Eine Linie zweiter Ordnung für Güterverkehr, die South-Eastern hat in einer Nacht eingeladen und wegtransportirt 1200 Tons Güter, meistens Cerealien. Die Paddington-Station in London expedirt im Durchschnitt täglich 600 Tons classificirte Güter. Auf dem Bahnhofe La Chapelle zu Paris werden oft 6000 Tons täglich behandelt, was einer Entladung und Beladung von 800 – 900 Waggons entspricht *).

Ueber den Einfluss der Erniedrigung der Tarife.

Bei hohen Tarifen wird an der Transporteinheit (Centner, Person) mehr verdient, aber die Erniedrigung der Tarife hat eine beträchtliche Vermehrung der Frequenz zur Folge, weil Mehrere dann im Stande sind, sich des nun billigeren Transportmittels zu bedienen. So lange bei einem Tarife, welcher überhaupt noch Verdienst gewähren kann, die Zunahme der Frequenz nur stark genug ist, kann daher der Gesammtüberschuss über die Transportkosten oder der Verdienst grösser sein als bei höheren Tarifen. Dies Verhältniss findet bei jedem Angebot von Waaren überhaupt statt, und der höchste für die Verkaufseinheit zu erzielende ist daher nicht immer der für den Producenten günstigste Preis. Ein Beispiel hierfür gewähren die beträchtlich gesteigerte Einnahme und Vermehrung des Briefverkehrs bei Herabsetzung des Portos, und die gesteigerte Frequenz von Bahnen bei allmähliger Herabsetzung der Tarife; die meisten Versuche, den Verdienst durch Erniedrigung derselben zu erhöhen, sind befriedigend ausgefallen. Jede Communication, welche mit grossen Anlagekosten und Verwaltungskosten behaftet ist (wie z. B. die Eisenbahn) kann diese Versuche am weitesten treiben. Auf demselben Grunde, der besseren Vertheilung der Generalkosten und der Verzinsung, beruht überhaupt, wesshalb, abgesehen von sonstigen Gründen, ein grosses Etablissement mit starkem Absatze meistens billiger producirt, als ein kleineres, und wesshalb Fabriken den Handwerkern überlegen sind, und ihr Absatzgebiet rascher erweitern können.

*) Vergleiche die pag. 61 unter **) angegebene Quelle.

Ist ein durchschnittliches Anlage-Capital per Meile für die Eisenbahn und Zubehör und das Betriebsmaterial, von zusammen $= A$ erforderlich, welches jährlich V Verzinsung erfahren soll, sind G die als constant anzusehenden Generalkosten (Verwaltung, Unterhaltung der Gebäude, Kunstbauten etc.) und werden $V + G = Z$ gesetzt; ferner sind k die Kosten für den Transport (Zugkosten, Verschleiss der Wagen und Bahn, Zugpersonal) pro Transport-Einheit, z. B. pro Centner-Meile (d. h. einen Centner eine Meile weit gefahren) auf einer Güterbahn, so muss, wenn N Centner-Meilen jährlich gefahren werden, der Tarif pro Centner-Meile wenigstens $\frac{Z}{N} + k = t$ sein. Vermehrt sich aber die Anzahl Centner in Folge der Herabsetzung des Tarifes t auf einen geringeren $= t_1$ auf N_1, so muss wieder (vorausgesetzt, dass nicht mehr Betriebs-Material erforderlich, sondern dasselbe nur besser ausgenutzt wird und dass auch G constant geblieben ist) $\frac{Z}{N_1} + k = t_1$ sein, wenn dieselbe Verzinsung bleiben soll. Wird in Folge der Herabsetzung auf t_1 das auf die Bahn jetzt gelangende Quantum grösser als N_1, so steigt die Verzinsung, wird es nicht so gross wie N_1, so fällt die Verzinsung, und der Tarif t_1 war nicht richtig gegriffen, sondern muss wieder erhöht werden. Derartige Ueberlegungen für den Preis einer Waare, welche die meiste Verzinsung des Capitals gewährt, finden ähnlich bei allen Industrien statt, welche mit einem Anlage-Capital und Generalkosten behaftet sind, und welche daher bis zur Grenze, wo wieder eine Vermehrung des Capitals erforderlich wird, um so billiger produciren können, je grösser der Absatz ist.

Beispiel. Während der 10jährigen Periode vom 1. Jan. 1852 bis 31. Dec. 1861 *) hat der durchschnittliche Tarif für den Güterverkehr auf den französischen Bahnen pro Kilom.-Tonne sich von 8,51 Cent. (2,56 ₰ per Centner und Meile) auf 6,61 Cent. (2 ₰ per Centner und Meile) in Folge Ermässigung einzelner Tarife erniedrigt; der Tarif für Landfuhrwerk betrug früher 24,9 Cent. per Kilom.-Tonne (7,47 ₰ per Centner-Meile). Die Anzahl Tonnen-Kilom., welche per Jahr auf einen Kilom.-Länge der Bahnen durchschnittlich transportirt wurde, stieg in der obigen Periode von 145,308 auf 452,442, und die entsprechenden Einnahmen stiegen von 12411 Frcs. auf 30,060 Frcs. per Kilom.

Dagegen sind die mittleren Preise für den Personenverkehr in Frankreich nahezu dieselben geblieben, wie sie die Regierung in den Bedingnissheften pro Maximo festgesetzt hatte, nämlich 6,39 Centim. (3,783 gr) pro Person und Kilom. resp. Meile 1852 und 5,70 Cent. (3,374 gr) 1862. Hier ist aber die Erniedrigung des mittleren Werthes nur eine Folge der wachsenden Anzahl Reisender der zweiten und besonders der dritten Classe gewesen, während die Basis der Erhebung sich nicht geändert hat. Die Preise für den Personentransport haben sich seit dem Betriebe der französischen (ähnlich auch der deutschen) Eisenbahnen fast gar nicht geändert und sind sehr nahe die Maximalpreise geblieben, welche in dem Bedingnisshefte seitens der Regierung festgesetzt waren, nämlich pro Person:

per Kilom. in Cent.	per Meile in gr.	Classe.
10,0	6,0	I.
7,5	4,50	II.
5,5	3,30	III.

Die Preise sind ziemlich dieselben, welche früher die Messagerien für das Coupé im Innern und für die Rotonde hatten.

Man sieht also, dass innerhalb der obigen 10jährigen Periode der kilometrische Verkehr der Güter von 100 auf 312 gewachsen ist, während der der Reisenden nur von 100 auf 120 stieg. Die Einnahme für die Güter wuchs von 100 auf 242, die für die Reisenden stieg nur von 100 auf 107. Hieraus scheint zu folgen, dass es nicht im Interesse der Eisenbahngesellschaften liegt, die Preise der Plätze unverändert zu lassen, um so mehr, als auf einer der fraglichen Linien nahe 2/3 der vorhandenen Plätze unbesetzt blieben. Die Berechnungen Marcqfoys zeigen, dass

*) Enquête sur l'exploitation et la construction des chemins de fer 1863.

der Preis der Plätze auf den französischen Eisenbahnen noch erheblich verringert werden kann, ehe er aufhört remunerabel zu sein*) **).

Uebersichtliche Zusammenstellung der Widerstände, Geschwindigkeiten und mittleren Tarife bei verschiedenen Communicationen.

Perdonnet giebt folgende Tabelle über die Widerstände auf den verschiedenen Communicationsmitteln:

Gewöhnliche guterhaltene Strassen	$\frac{1}{33} = 0{,}033$
Holzbahnen	$\frac{1}{70} = 0{,}014$
Eisenbahnen (mässige Geschwindigkeit 32 Kilom. = 4,3 Meilen geogr. per Stunde)	$\frac{1}{200} = 0{,}005$
" grosse Geschwindigkeit (48 Kilom. = $6\frac{1}{2}$ Meilen geogr. per Stunde)	$\frac{1}{100} = 0{,}010$
Canäle, grosser Querschnitt mit gewöhnlichen Schiffen, sehr langsam	$\frac{1}{1000} = 0{,}001$
doppelte Geschwindigkeit	$\frac{1}{250} = 0{,}004$
vierfache Geschwindigkeit	$\frac{1}{62} = 0{,}016$
Canäle, kleiner Querschnitt, gewöhnliche Schiffe. Kleine Geschwindigkeit	$\frac{1}{600} = 0{,}0017$
doppelte Geschwindigkeit	$\frac{1}{150} = 0{,}0066$
vierfache Geschwindigkeit	$\frac{1}{33} = 0{,}0303$

Hierbei ist vorausgesetzt, dass der Transport auf den Canälen mit gewöhnlichen Schiffen geschieht, und der Widerstand mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst. Bei sehr scharfen Schiffen, wie sie auf einigen schottischen Canälen gebraucht werden, wächst der Widerstand, über eine Geschwindigkeit von 3m pr. Secunde hinaus, langsamer als mit dem Quadrate. Diese Schiffe dienen nur zum Transport von Reisenden und würden, bei gleicher Geschwindigkeit wie die Locomotive, einen enormen Widerstand dennoch erfahren.

Nach anderen Zusammenstellungen***) sind die Geschwindigkeiten des Transports von Personen und Gütern etwa

Grosse Geschwindigkeit	35 Kilom., gewöhnl. Züge bis 72 Kilom. (Express) per Stunde auf Eisenbahnen
	10—16 Kilom. per Stunde auf Landstrassen
	10—20 Kilom. per Stunde mit Dampfschiffen
Kleine Geschwindigkeit	15—30 Kilom. per Stunde auf Eisenbahnen
	3—4 Kilom. per Stunde auf Landstrassen
	2—8 Kilom. per Stunde auf Wasserstrassen.

Die Tarife pro Kilom. sind im Mittel:

Auf den Eisenbahnen 6 bis 6,6 Centimen per Person und 7,6 Cent. per Ton. Auf den Landstrassen 10—12 Cent. per Person und 20 Cent. per Ton. Auf den Wasserstrassen 3 bis 5 Cent. per Person und eben so viel per Ton.

C. Wasserwege.

I. Charakteristik der Wasserstrassen.

Ein grosser Strom fliesst durch ausgedehnte Länder und verschiedenartige Bodengegenden und bietet Gelegenheit zum Austausch der Bodenerzeugnisse. Er verleiht seiner Ueberschwemmungsebene Fruchtbarkeit und gewährt zugleich das Mittel zum Absatz der Pro-

*) Zeitg. des Vereins deutscher Eisenb.-Verw. 1865. Nr. 50. p. 614 aus der Enquête a. a. O.

**) Vergleiche über Tarife, Geschwindigkeiten etc. auf englischen, französischen und deutschen Bahnen die Enquête sur l'exploitation et la construction des chemins de fer etc. Paris 1863, oder die ausführlichen Referate in Zeitschr. des Vereins deutscher Eisenb.-Verw. 1865. Nr. 50. 1866. Nr. 10, 29 und 30.

***) Oppermann Nouv. Annales de la Constr. 1857.

ducte. Er führt direct ins Meer, wesshalb die Anwohner selbst ohne Zwischenhändler Handel mit fremden Welttheilen führen können.

An den Mündungen grosser Flüsse, in einer wenig Abwechslung bietenden Umgegend, manchmal den Gefahren des Elementes ausgesetzt und ihren Besitz gegen dasselbe vertheidigend, wohnt meistens eine thatkräftige und selbstständige, in ihren Anschauungen nüchterne Bevölkerung von grosser Ausdauer und Zähigkeit, mit Hang zum Contemplativen und scheinbar von abgeschlossenem Wesen, verglichen mit dem geistig beweglicheren, mit mehr Phantasie und Empfänglichkeit für äussere Eindrücke begabten Bewohner des Binnenlandes oder der Berge.

Die Flüsse sind nicht mit einem erheblichen Anlage-Capital belastet und ihre Benutzung ist nicht das Vorrecht Einzelner; sie sind mit geringen Mitteln zu betreiben, da ein kleines Fahrzeug weniger kostet als Zugthiere und Fuhrwerk. Die ärmeren Uferbewohner haben lohnende Beschäftigung in der kleinen Schifffahrt, ziehen im Winter ihre Schiffe auf das Land und bewahren sie ohne Kosten auf.

Vorzüge der Wasserstrassen und Gründe für die Concurrenzfähigkeit mit anderen Communicationen.

Grosse Lastfähigkeit der Schiffe gegenüber anderen Transportgeräthen, geringe Kraft zur Fortbewegung, freie Benutzung des Windes und der Strömung, grosse Erleichterung für die Schifffahrt in den unteren Strecken der grossen Ströme durch die Benutzung der täglichen Ebbe und Fluth. Die sanfte Bewegung grosser Fahrzeuge begünstigt die Versendung der zerbrechlichsten Gegenstände, und die grosse Ausdehnung des Schiffsraums erleichtert eine sichere und unzugängliche Verpackung der Waare.

Die Möglichkeit, an Flüssen und Canälen überall industrielle Anlagen mit Leichtigkeit herstellen zu können, wird wohl als ein Vorzug angeführt, doch kann man Aehnliches bei Eisenbahnen durch Anlage von Nebengleisen, welche bei Bahnen, die vorzugsweise Producte der Industrie und Güter mit geringer Geschwindigkeit transportiren überall zulässig sind, erreichen.

Die Bahnhöfe der Eisenbahnen erfordern im Allgemeinen mehr Terrain als die Stationen in den Canälen. Dies ist erklärlich, da ein grosses Canal-Schiff von 150 — 180 Tonnen nahe so viel Waaren fasst, als ein Eisenbahnzug mittler Grösse. Ein solches Schiff hat aber 34 — 35^{m} Länge, während ein solcher Eisenbahnzug 250 — 260^{m} hat.

Canäle können im Allgemeinen kleinere Krümmungshalbmesser haben als bei Eisenbahnen zulässig. Z. B. am Marne-Rhein-Canal kommen solche von 100 Meter mit entsprechenden Erweiterungen von 1^{m},1 vor; die Schiffe haben 34^{m},50 Länge und 5^{m},10 Maximalbreite*). Indessen wird man demnächst auch so kleine Halbmesser für secundäre Bahnen zulässig erklären.

Unvollkommenheiten des Wassertransports.

Langsamkeit bei ungünstigen Windrichtungen, daher Ungewissheit des Eintreffens. Grösse der Ladungsfähigkeit oft nach wechselnden

*) Vergl. Graeff, construction des canaux et des chemins de fer. Paris. 1861. pag. 24.

Wasserständen ausserdem veränderlich. Im oberen Flusslauf ist die Fahrt zu Berg durch stärkeres Gefälle erschwert und ihre Rentabilität von der Möglichkeit der Rückfracht zu Thal oft abhängig. — Unterbrechung durch Eisgang und Zufrieren der Ströme im Winter, bei Strömen nicht ganz so fühlbar wie bei Canälen, weil die Seehäfen der nördlichen Gegenden zur Zeit des Frostes auch von Eis blockirt, daher weniger frequentirt sind.

Der Wassertransport bewältigt grosse Massen, aber langsam, und die Unsicherheit, welche der Handel beim Wassertransport bezüglich der richtigen Ablieferungsfrist erleidet, begründet einen grossen Mangel. Die Dampfschifffahrt lässt ihn neuerdings weniger fühlbar werden.

Nach einem Durchschnitt von 56 Jahren ist die Elbe jährlich 62 Tage mit fester Decke belegt oder mit treibenden Schollen angefüllt gewesen. Ein Winter, $18^{21}/_{22}$, hatte gar keinen Eisgang, dagegen $180^{4}/_{5}$ führte der Strom 123 Tage Eis. Von 1828 bis 1837 war die Schifffahrt auf dem Hudson zu Albany durchschnittlich 94 Tage unterbrochen, zwischen den Grenzen von 125 Tagen und 63 Tagen. — Auf dem Erie-Canal konnte nach einem Durchschnitt von 6 Jahren jährlich 133 Tage lang keine Schifffahrt stattfinden. Jm Staate Newyork stören die strengen Winter die Schifffahrt volle 4 bis 5 Monate*). Wenn ein Canal einen Monat im Sommer wegen Reparatur und Reinigung, und vielleicht 3 Monate im Winter wegen Eis nicht fahrbar ist, so erleidet der Handel dadurch ganz erhebliche Nachtheile. Es ist daher bedenklich, in Ländern wo der Frost so lange währt, Canäle zu erbauen. In dieser Beziehung ist Nord- und Mitteldeutschland gegen Frankreich und England im Nachtheil. Die Zeit der Reparaturen im Sommer kann man allerdings durch zweckmässige Organisation dieser Arbeiten und Nachtarbeiten abkürzen, oder auch statt einer längeren Reparaturzeit mehrere kürzere anordnen.

Bewegende Kräfte bei der Flussschifffahrt.

Die Flussschifffahrt gebraucht Segel (in den unteren Strecken der Flüsse und zur Unterstützung des Leinenzuges), Menschen oder Pferde an der Leine, unterstützt durch Segel, Ruder oder Riemen, oder durch Stangen, Dampfschiffe zum Schleppen oder zur Touage; bergab kommt diesen Mitteln die Strömung zu Hülfe**). Durch Verbesserung der Fahrzeuge in der Bauart wie Takelage kann noch Vieles erreicht werden.

Die Flussschifffahrt wird durch die Strömung abwärts erleichtert, doch bei der Bergfahrt dadurch erschwert. Letzterer Nachtheil verschwindet um so mehr, wenn vorzugsweise Producte bergabgehen (z. B. meistens Bergwerksproducte, Kohlen, Holz, Getreide) und die Transportwerkzeuge leer hinaufgehen, oder nur eine Fahrt abwärts machen, und dann auseinandergenommen und als Brenn- oder Bauholz verwerthet werden (z. B. auf den russischen Flüssen, der Weichsel, früher die sogen. Zillen von Böhmen nach Hamburg auf der Elbe, auf dem Mississippi, ferner bei der Flösserei).

Mit Ladung in beiden Richtungen kostet es zusammen genommen mehr hinauf- und herabzufahren auf einem Strome, als auf einem Canal mit stillstehendem Wasser***).

Je grösser die Schiffe resp. die Wassertiefe, um so billiger kann transportirt werden, doch muss Umladen vermieden werden. Anhaltende Dürre kann die Schiff-

*) M. Chevalier, Histoire et description des voies de communication aux Etats-unis.

**) Vergl. Hagen, Wasserbau, Flussschifffahrt.

***) Vergl. über die Kosten bei verschiedenen Geschwindigkeiten der Strömung (von $0^{m},0$ bis $0^{m},67$) und des Transports (von $0^{m},6$ bis $0^{m},90$) auf französischen canalisirten Flüssen und Canälen. Lamarle, du concurs des canaux et des chemins de fer. Annal. des ponts et chauss. Tome XVIII. 6. cahier. 1859.

fahrt behindern, ebenso hoher Wasserstand wegen Ueberfluthung der Leinpfade, falls nicht Dampfschiffe zum Schleppen oder zur Touage gebraucht werden.

Canäle zur Verbindung von schiffbaren Flüssen.

In gewissen Fällen sind Canäle am vorzüglichsten und oft ausschliesslich motivirt, z. B. wenn es sich um Verbindung zweier Ströme mit rentabler Schifffahrt handelt, wo bei Verbindung durch einen Landweg oder eine Eisenbahn ein Umladen stattfinden müsste, dessen Kosten massenhafte Güter und Rohproducte, die zu den niedrigsten Frachtsätzen befördert werden müssen, am wenigsten tragen können.

Oder wenn das Wasserstrassennetz eines in der Entwickelung begriffenen Landes durch billige Communicationen verbunden werden muss und durch dünn bevölkerte Strecken führt, wo der Personenverkehr gering ist, dagegen es sich um Anbahnung von Güter- und Productenverkehr handelt.

Z. B. durch eine Verbindung des Dniestr mit der Weichsel unter Benutzung des San, eines Nebenflusses der letzteren, durch einen etwa nur 10 Meilen langen Canal, würde die Ostsee mit dem schwarzen Meere verbunden sein, und dieser Canal würde durch den Bromberger, Finow- und Plauenschen Canal und das frische Haff den Zugang zur Elbe, Saale, Oder und nach Memel vermitteln und russische und asiatische Erzeugnisse nach der Ostsee, deutsche nach dem schwarzen Meere befördern*). Ausserdem bestehen Verbindungen des schwarzen Meeres mit der Ostsee durch Verbindungen verschiedener Flüsse**), z. B. der Düna mit dem Dniepr, Bug mit Dniepr, Niemen mit Dniepr. — Ferner Verbindungen des kaspischen Meeres mit dem weissen Meere: Wolga-Dwina; ferner des caspischen Meeres mit der Ostsee, Wolga-Newa, durch das Canal-System von Wischnei-Wolotschok, 1711 begonnen und 1818 vollendet, wozu 76 Seen und 106 Flüsse gehören, die jährlich von mehr als 6000 Fahrzeugen aller Gattungen befahren werden. Die Fahrt von Astrachan nach Petersburg beträgt 535 Meilen. — Durch Don und Wolga, Kuban und Terek, oder unter Benutzung des Kurflusses könnte das schwarze mit dem kaspischen Meere wie auch das kaspische Meer mit dem Aral-See, in den viele gewaltige Ströme von Osten her münden, verbunden werden.

In gewissen Fällen erfüllen Canäle doppelte Zwecke, z. B. bei den Moorcolonien, wo sie zur Entwässerung und daher Austrocknung des Moores dienen, und zugleich den Transportweg zum Absatz des Torfs und zur Herbeischaffung der Bedürfnisse für den Colonisten bilden. Hier sind andere Communicationen unzweckmässig, oft unmöglich***).

Holland und Französisch-Flandern würden ohne Canäle unfruchtbare Sümpfe sein. Umgekehrt haben viele Canäle grossen Nutzen für die Bewässerung und weil sie Wasser zum Betriebe von Fabriken liefern. Der arragonische Canal nahm 1794 53,000 Francs aus der Schifffahrt, 325,000 Francs wegen Bewässerung ein und machte 100,000 Hectaren fruchtbar.

---

*) Sturz, der Nord- und Ostsee-Canal durch Holstein. Berlin. 1864.

**) Neueste Erdbeschreibung und Staatenkunde von Ungewitter. 4. Aufl. Band 2. pag. 118.

***) Bericht über die Voruntersuchung zum Hunte-Ems-Canal. Oldenburg. Stalling. 1847 ist sehr instructiv über derartige Anlagen.

Oft hat man Mühe, die Canäle zu hindern, benachbarte Liegenschaften zu versumpfen. Die Filtrationen des Bassins de la Villette haben grosse Verwüstungen angerichtet. Der Canal du Centre, von Gauthey, einem der geschicktesten Ingenieure des vorigen Jahrhunderts, angelegt, verlor im Anfang all sein Wasser innerhalb 24 Stunden. In vielen Fällen berauben auch die Canäle die Landwirthschaft und Fabriken des nothwendigen Wassers. Endlich sind die Canäle als Vertheidigungslinien und Mittel, die Umgegend unter Wasser zu setzen, von grosser Wichtigkeit. In letzterer Beziehung gaben die jetzt zerstörten Festungswerke von Dünkirchen ein interessantes Beispiel.

II. Vergleichung der Transportkosten auf Eisenbahnen und Canälen.

Die eigentlichen Transportkosten auf Canälen oder Eisenbahnen begreifen im Folgenden die Kosten für die Zugkraft und die Führung, die Capitalzinsen, die Verringerung des Werthes und die Unterhaltung der Schiffe, resp. der Locomotiven und Wagen und die Kosten für Beladen und Entladen. Nicht aber sind darin die Abgaben (Zölle, Bahngelder) inbegriffen, welche erhoben werden, um das Anlage-Capital des Schifffahrtweges oder der Bahn zu decken und den Verdienst des Unternehmens herzustellen. Die Transportkosten auf Canälen variiren in ziemlich weiten Grenzen und sind mehr oder weniger hoch, je nachdem der Canal weniger oder mehr breit und tief ist, je nachdem die Anzahl Schleusen gross oder klein ist, je nachdem weniger oder mehr Concurrenz unter den Schiffern vorhanden und Rückfrachten nicht zu erwarten oder dagegen vorhanden sind. Endlich kommt die Höhe der Löhne dabei in Frage.

Perdonnet specialisirt die Transportkosten auf der Seine, der Oise und der canalisirten Aisne und den Canälen zwischen Paris und Rheims wie folgt:

Tragen die Schiffe 180 Tonnen, so repartiren sich die Transportkosten, welche (nicht gerechnet die Canalzölle) von Paris nach Rheims 1205 Frcs. 50 Cent. betragen, oder 2,35 Cent. pr. Tonne und Kilom. (0,705 ₰ pr. Centner-Meile) wie folgt:

Eigentliche Zugkosten	0c,70
Schiffsmannschaft	0,35
Abnutzung des Tauwerks	0,30
Assecuranz	0,70
Verzinsung und Amortisation des Anlage-Capitals für das Schiff	0,30
Zusammen	2c,35 (= 0,705 ₰ pr. Centner-Meile).

Die von der durchlaufenen Distanz unabhängigen Kosten für Be- und Entladen betragen per Schiff 360 Francs. Die Assecuranz ist hoch und könnte auf 0,15 bis 0,20 Cent ermässigt werden, eben so die Abnutzung des Tauwerks auf 0,20 Centimen, so dass der gesammte Preis etwa 1,75 Cent per Kilom.-Tonne = 0,525 ₰ per Centner-Meile betragen würde.

Findet die Rückfahrt leer statt, so muss dieser Preis entsprechend erhöht werden. Geschieht sie aber mit einer gewissen Beladung, welche grösser oder kleiner als die bei der Hinfahrt ist, so muss man das Mittel aus Beiden nehmen, und je nachdem dies grösser oder kleiner als 180 Tonnen ist, wird sich der obige Preis der Einheit nach Proportion verringern oder vergrössern.

Die Brückenzölle betragen auf den Flussstrecken 19 Frcs. und die Canalabgaben 191 Frcs. 55 Cent. (50 Cent. per Tonne für die ganze Strecke auf dem

Canal St. Denis, $3^1/_2$ Cent. per Tonne und Kilom. auf den anderen Canälen und 1 Frc. 80 Cent. per Tonne und Schleuse auf der canalisirten Oise).

Von Paris nach Strassburg geschieht der Transport zum Theil auf der Marne oder dem Ourcq-Canal, zum Theil auf dem Seiten-Canal der Marne, oder auf dem Marne-Rhein-Canal, auf einer mittleren Entfernung von 421 Kilom. Die mittlere Ausgabe für alle im Jahre 1855 bis 1856 (vom 10. März zum 10. März) beschafften Transporte hat per Tonne und Kilom. 3^c,60 betragen (= 1,08 ₰ per Centner-Meile), welche sich wie folgt vertheilen.

Zugkosten	2^c,36
Umladen zu Cumières und zu Mary . . .	0,29
Zugseile, Tauwerk, Schmiere und sonstige Kosten	0,20
Assecuranz	0,10
Havariekosten	0,07
Generalkosten aller Art	0,51
Verzinsung und Amortisation des Schiffes .	0,07
Zusammen	3^c60, (= 1,08 ₰ per Centner-Meile).

Bei dieser Berechnung ist berücksichtigt, dass die Ladungen bei der Hin- und Rückfahrt nicht immer vollständig sind.

Die Ausgaben auf dem Marne-Rhein-Canal sind geringer als 3^c,60, welche das Mittel für die Fahrt auf den Flussstrecken und dem Canal angeben.

Nach Graeff (a. a. O. pag. 292) ist der Zoll auf dem Marne-Rhein-Canal, wie überhaupt auf den Canälen des Staates (1^m,60 Wassertiefe bei 1^m,40 Tiefgang der Schiffe, 10^m Sohlenbreite) seit dem 15. Sept. 1858 auf 0,5 Cent. per Tonne und Kilom. für schwere Güter reducirt. Die Transportkosten betragen im Maximo 2,5 Cent., zuweilen nur 1,5 Cent., wesshalb der totale Tarif zwischen 2 bis 3 Cent. per Kilom.-Tonne (0,6 bis 0,9 ₰ per Centner-Meile) schwankt.

Perdonnet giebt an, dass die Transportkosten, die wie oben angegeben sich zusammensetzen, auf Canälen mit grossem Querschnitt und einer geringen Anzahl Schleusen, worauf Schiffe von 180 bis 200 Tonnen Ladungsfähigkeit gehen, mit Berücksichtigung der unvollständigen Beladung, von 1,5 bis 2 Cent. per Kilom.-Tonne = 0,45 — 0,6 ₰ per Centner-Meile, je nachdem geladen ist, variiren. Auf Canälen von kleinem Querschnitt, welche Schiffe von 60 bis 100 Tonnen mit einer grösseren Anzahl Schleusen haben (wie z. B. der Briare- und Sarre-Canal), können sie bis 3 auch 4 Cent. sich steigern (= 0,9 — 1,2 ₰ per Centner-Meile).

Auf einer Eisenbahn mit mittelstarken Steigungen sind die eigentlichen Zugkosten nur gering, wenn die Züge ganz beladen sind, wie es z. B. bei Kohlenzügen der Fall ist. Bei einer Nutzlast von 350 Tonnen überschreiten sie nicht 0,37 oder rund 0,1 Cent. per Kilom.-Tonne (0,12 ₰ per Centner-Meile). Aber weil die Züge in der Regel nur schwach beladen sind und zuweilen leer zurückgehen, vermehren sich die Kosten erheblich. Auf der französischen Ostbahn war der Durchschnittsbetrag der Zugkosten im Jahre 1859 für Güter aller Art 1,73 Cent. per Kilom.-Tonne (0,519 ₰ per Centner-Meile).

Diese Zahl begreift nicht die Unterhaltung des Gleises, nicht die Ausgaben für den Bahnhofsdienst und das Zugpersonal, nicht die Generalkosten, nicht die Verzinsung des Betriebs-Materials und nicht die Amortisation des letzteren und des Gleises.

Berücksichtigt man diese Kosten, so erhält man für die mittleren Selbstkosten eines Zuges mit Gütern aller Classen auf der französischen Ostbahn im Jahre 1859 4,48 Cent. per Kilom.-Tonne (1,344 ₰ per Centner-Meile)*), welcher Betrag sich wie folgt zusammensetzt:

Gleisunterhaltung	0,0060	Frcs.
Kosten der Zugkraft	0,0173	„
Betriebsdienst	0,0116	„
Centraldienst, verschiedene Unkosten	0,0023	„
Erneuerung des Gleises und des Betriebs-Materials	0,0076	„
Zusammen	0,0448	Frcs.

*) Aehnlich die niederschlesisch-märkische Bahn. Vergl. p. 57, Note****) 1,087 ₰.

wobei zu bemerken ist, dass die Betriebsverhältnisse auf der Ostbahn in so fern ungünstig sind, als häufig die Rückfahrt leer oder mit sehr schwacher Beladung geschieht.

Macht man die Rechnung allein für Kohlentransporte, so findet sich, wenn der Zug nur in einer Richtung vollständig beladen ist, der Transportpreis per Kilom.-Tonne in dieser Richtung zu nur 1,63 Cent. (= 0,489 ₰ per Centner-Meile), nicht inbegriffen Erneuerung des Gleises und des Betriebs-Materials. Man hat nämlich:

Gleisunterhaltung	0,0063 Frcs.
Kosten der Zugkraft	0,0037 „
Betriebsdienst	0,0040 „
Centraldienst und verschiedene Unkosten	0,0023 „
Zusammen	0,0163 Frcs.

Aber die Rückfahrt geschieht gewöhnlich leer. Man muss desshalb die Kosten verdoppeln, mit Ausnahme derjenigen der Zugkraft, welche bei der Rückfahrt etwas geringer sind, und die man etwa 0,003 Frcs. setzen kann. Es erwächst daher wegen der leeren Rückfahrt eine hinzukommende Ausgabe pro Kilom.-Tonne von 0,0156 Frcs., so dass sich im Ganzen 0,0319 Frcs. oder rund 3,2 Cent. per Kilom.-Tonne = 0,96 ₰ per Centner-Meile ergeben.

Wenn dennoch die Eisenbahnen Transporte unter einem Preise von 3 Centimen effectuiren, so rührt dies daher, dass sie die Verzinsung des Anlagecapitals und einen grösseren Theil der Generalkosten und der Kosten des Betriebsdienstes wie des Gleises, aus den Einnahmen vom Personendienst und von denjenigen Waaren, die höhere Frachtsätze bezahlen, als gedeckt ansehen und sich bei dem Transport von Waaren, die wenig Fracht tragen können, mit einem geringen Ueberschusse über die eigentlichen Kosten der Zugkraft begnügen, noch hinzu gerechnet die Verzinsung und Amortisation des Betriebs-Materials, welches sie mehr gebrauchen. Ferner stehen sie sich in einzelnen Fällen noch immer besser, auf der Rückfahrt Güter zu einem sehr niedrigen Preise zu transportiren, als ganz leer zu fahren*).

In den angegebenen Kosten sind nicht die für Be- und Entladung inbegriffen. Sie variiren von 1 Frc. bis 1,5 Frcs. per Tonne und haben nur bei kleinen Distanzen auf die Transportkosten einen merkbaren Einfluss. Bei den Angaben für Kohlentransporte ist eine mittlere Distanz von 120 Kilom. (16,2 geogr. Meilen) zu Grunde gelegt; für grössere Distanzen vermindern sich die Kosten, für kleinere werden sie grösser.

Bei Vergleichung der Transportkosten auf einem Canale mit denen auf einer Eisenbahn, welche sich, wie bemerkt, auf etwa 3,2 Centimen pro Kilom. Tonne (= 0,96 ₰ pro Centner und Meile) auf der französischen Ostbahn stellen, muss man berücksichtigen, dass eine Bahn, welche vorwiegend für Producte dient, billiger als eine Bahn mit grossem Personenverkehr und für grosse Geschwindigkeit gebaut werden kann.

Der Sarre-Canal (aus dem See von Gondrexange bis Saargemünd in die canalisirte Saar mündend, von grossem Querschnitt**) für Schiffe von 5^{m} Breite, $34^{m},51$ Länge und $1^{m},41$ Tiefgang mit 4000 Centner Ladungsfähigkeit, ist zu 190,000 Frcs.

*) Für deutsche Verhältnisse. Vergl. Scheffler, die Transportkosten und Tarife der Eisenbahnen. 1860. Wiesbaden, Kreidel. Garcke, Comparative Berechnungen der Kosten der Personen- und Gütertransporte auf den Eisenbahnen. Berlin. Ernst & Korn. 1859.

**) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1866. April. pag. 231.

per Kilom.*) (380,000 ₰ per Meile) veranschlagt gewesen, die statt seiner projectirte Eisenbahn zu 200,000 Frcs. per Kilom. (400,000 ₰ per Meile). Die Transportkosten auf diesem Canal werden (nach Perdonnet pag. 11) zu 3 Cent. per Kilom.-Tonne (0,9 ₰ per Centner-Meile) wenigstens angeschlagen; die Eisenbahn würde unter der Voraussetzung, dass die Züge beladen hin- und leer zurückgehen, nicht mehr Fracht zu beanspruchen brauchen. Die Verzinsung des Capitals würde nahe denselben Betrag bei Beiden ausmachen, und auch die Unterhaltungskosten per Kilometer würden wenig verschieden sein. Aber der Weg auf dem Canal würde länger als der auf der Bahn sein. Denn wenn eine Bahn auch mit kleinen Radien tracirt wäre, so macht sie doch nicht solche Wendungen wie ein Canal, welcher um an den Hängen herzugehen, oft vielfache Umwege in einem coupirten Terrain machen muss. Solche Einschnitte und Dämme, wie sie bei einer Bahn gemacht werden, um die Entfernung abzukürzen, kann man bei einem Canal nicht immer machen, weil man die dabei sich meistens einstellenden, zu fürchtenden Filtrationen nur schwierig im Voraus schätzen kann.

Der Transport auf der Bahn kann daher billiger als auf dem Canal kommen.

Wenigstens hat die französische Ostbahngesellschaft dem Corps législatif angeboten, statt des Sarre-Canals eine Bahn zu bauen und darauf zu einem billigeren Preise als auf dem Canal zu transportiren, wenn der Staat ihr dazu dieselbe Subvention, welche er für den Canalbau herzugeben beabsichtigte, bewilligen wollte.

Zieht man den Strassburger Bahnhof ab, so hat die Strecke der Paris-Strassburger Bahn von Arschwiller nach Strassburg (2gleisig) durchschnittlich per Kilom. (ohne rollendes Material) 270,996 Frcs., und der Canal (von grossem Querschnitt) per Kilom. 180,136 Frcs. gekostet, also verhalten sich hier die Kosten wie 1,51 : 1, oder wie etwa 3 : 2, das Betriebsmaterial ist zwar für den Canal erheblich billiger, denn ein grosses Canalschiff von 180 Tonnen ladet so viel wie 20 Eisenbahnlastwagen, aber man würde, um in gleicher Zeit ein gleiches Quantum zu transportiren, auch erheblich mehr Schiffe gebrauchen.

Die Erdarbeiten einer zweigleisigen Bahn (Arschwiller-Strassburg) für grosse Geschwindigkeit (kleinster Radius 800^m) und eines Canals von grossem Querschnitt (Marne-Rhein-Canal) haben per laufenden Meter etwa gleichviel resp. 34 Frcs. 59 Cent. und 34 Frcs. 95 Cent. gekostet, das Quantum per laufenden Meter in Cubikmetern war für den Canal 37,745 Cubikmeter, für die Bahn 28,593 Cubikmeter. (Graeff. pag. 247.)

Beispiele von versuchter Concurrenz mit Eisenbahnen.

Der projectirte Rhein-Elbe-Canal**) vom Ruhrort am Rhein über Münster an Ibbenbüren vorbei nach Preuss. Minden gehend, ist etwa 33½ Meilen lang und hat ein Profil von 36 Fuss Sohlenbreite, 8 Fuss Wassertiefe mit 2füssigen Dossirungen, 2 Bermen, jede von 2 Fuss Breite in der Höhe des Wasserspiegels und noch 2½ Fuss Höhe (mit 2füssiger Dossirung) also 5 Fuss Breite an jeder Seite bis zum Ziehwege, mithin eine Breite zwischen den Ufern von 82 Fuss, so dass zwei Canalschiffe von 20⅓ Fuss Breite und 5½ Fuss Tiefe passiren können. Es ist angenommen, dass ein Canalschiff, welches voll 7000 Centner ladet (und mit ⅕ Rückfracht zurückgeht) täglich 5 Meilen mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von ½ Meile pro Stunde (3⅓ Fuss) mit einer einmal wechselnden Bespannung von drei Pferden machen kann, so dass also jedes Gespann täglich 2½ Meilen macht mit voller Ladung und 2½ Meilen mit ⅕ Rückfracht. Die Zeit der regelmässigen Canalschifffahrt ist zu 240 Tagen im Jahre angenommen.

Die Transportkosten, incl. Generalkosten (Vor- und Unterhaltung des Schiffes, und Personal) berechnen sich auf etwa 0,4 ₰ Preuss. per Centner-Meile, und es ist ein Verkehr von 1000 Millionen Centner-Meilen im Ganzen hin und zurück angenommen. Die Anlagekosten sind zu 16,000,000 ₰ (etwa 477600 ₰ pro Meile) veranschlagt, was mit 5 Proc. Verzinsung jährlich 800,000 ₰ ergiebt. Dazu 200,000 ₰ für Unterhaltungs- und Betriebskosten, giebt pro Centner und Meile $^1/_{1000}$ ₰ = 0,360 ₰ Preuss. Canalgebühr, so dass sich die ganzen Transportkosten auf etwa 0,76 ₰ Preuss. oder 0,633 ₰ à $^1/_{10}$ gr stellen.

*) Von Francs per Kilom. auf Thaler per Meile mit 2 zu multipliciren.

**) Vergl. Note **) pag. 75.

In der Richtung des Canals sind aber schon Eisenbahnen vorhanden. Berücksichtigt man, dass der Canal 125 Tage im Jahre nicht transportirt, und dass die Kohlengruben, Eisenwerke etc. daher für diese Zeit vorher verschicken, die Beträge creditiren müssen, dass Lagerplätze am Bestimmungsorte Kosten verursachen u. s. w., und dass die Eisenbahnen mit einigen Ergänzungen ihrer Bahnhöfe ebenfalls das obige Quantum zu demselben Preise transportiren können, so scheint es zweckmässiger, das Capital von 16 Millionen Industrien zuzuwenden, wo es mehr verdient als 5 Proc. *).

In Pennsylvanien ist eine Concurrenz für Kohlentransporte zwischen der Reading-Bahn und dem Shuylkill-Canal vorhanden, in welcher die Eisenbahn obgesiegt hat, obgleich die Canal-Gesellschaft grosse Anstrengungen gemacht und Dampfremorqueurs angeschafft hat. Dabei ist die Eisenbahn nur leicht construirt und schwere Locomotiven können auf ihr nicht verwendet werden. Die Eisenbahn hat 1853 ungefähr 2 Millionen Tonnen transportirt, der Canal nicht mehr als 900,000 Tons; die grosse Anzahl Schleusen, welche auf dem Shuylkill-Canal in einer Länge von 160 Kilometer vorhanden ist, hat die vortheilhafte Anwendung von Dampfremorqueurs nicht zugelassen. Dies Resultat war von dem Ingenieur Robinson vorhergesagt, den man anfänglich für verrückt erklärt hatte, als er es unternahm, eine Eisenbahn neben dem Canal zu bauen.

Im Staate New-Yersey ist ebenfalls ein Canal parallel der Delaware-Bahn auf einer Strecke ihrer Länge, und der Raritan-Canal ist parallel mit der Cambden-Amboy-Bahn. Der Canal befindet sich in den vortheilhaftesten Umständen für den Gütertransport, indem er $23^{m},50$ breit in der Wasserlinie ist und die Flussschiffe aufnehmen kann. Nichts desto weniger haben es die Actionaire für angemessen erachtet, sich mit der Bahngesellschaft zu vereinigen **).

Besondere Verhältnisse, welche die Beurtheilung verdunkeln können.

Die Tarife von Eisenbahnen und Canälen sind oft durch besondere Verhältnisse festgestellt, so dass man von ihnen nicht leicht unmittelbar auf den ökonomischen Werth der einen oder anderen Transporte schliessen darf. Die Compagnie des chem. de fer du Midi hatte z. B. die Concurrenz der Canäle du Midi und de la Garonne auszuhalten, ruinirte den Canaltransport durch billige Tarife, kaufte darauf die Canäle an und setzte die Tarife höher als die Eisenbahntarife, z. B. von Cette nach

	per Tonne:			
Toulouse...	Eisenbahn	17 Frcs.	Canal	17,00 Frcs.
Agen......	„	21 „	„	25,49 „
Bordeaux...	„	21 „	„	27,08 „

während nach dem Gutachten der Handelskammer zu Marseille die Preise der letzten Columne resp. 5, 7 und 10 Frcs. betragen könnten, wenn der Canal in Händen des Staates und frei von Abgaben wäre. (Mém. et compt. rend. de la soc. des ing. civ. 1862. pag. 407.)

---

*) Vergl. Kunststrassen, Eisenbahnen und Wasserstrassen im preussischen Staate. Deutsche Bauzeitung III. 1869. Nr. 21, 22 und 23 über die Rentabilität eines 60 Meilen langen Odercanales von Breslau nach Schwedt.

**) Anlagekosten der Eisenbahnen und Canäle in Pennsylvanien:

	Ganze Länge.	Dollars Anlagekosten pro engl. Meile.		
		Durchschnitt.	Maximum.	Minimum.
Eisenbahnen	3668	41368	168264	8424
Strassen-Eisenbahnen	129	28764	58510	7650
Schifffahrts-Canäle...........	1223,63	29301	95050	3500

(Zeitschr. des Vereins deutscher Eisenbahn-Verw. 1864. Nr. 30. p. 370. Aus Americ. Railroad Journal.)

Aehnliche Verhältnisse kommen in England vor, wo früher die Eisenbahnen gegen die Landfuhrindustrie eben so verfuhr. Z. B. ist der Kennet-Avon-Canal (von Bristol nach London) von der Great-Western-Bahn gekauft und die Gesellschaft transportirt auf ihm 25 Proc. billiger als auf der Bahn und überlässt den Befrachtern den Weg zu wählen. Oft vereinigen sich Canal und Eisenbahn über Festsetzung der Tarife, z. B. London-North-Western und der ihr parallele Bridgewater-Canal. (Vergl. Enquête sur l'exploitation et la construction des chemins de fer, publiée par ordre de S. E. le Min. de l'agric. de comm. et du trav. publ. Paris. Impr. impériale 1863. pag. 208 etc.)

Vergleichung der Kosten der verschiedenen Transporte *).

Auf den französischen Strassen, wo kein Weggeld erhoben wird, betragen die Transportkosten für Frachtgut von 0,15 Frcs. bis 0,20 Frcs. per Tonne und Kilom. oder 4,5 bis 6 ₰ per Centner und Meile.

Auf Canälen bezahlt man im nördlichen Frankreich an Zöllen (péage), welche die Anlagekosten verzinsen sollen und an Transportkosten (welche die Unterhaltung des Canals, Verzinsung und Amortisation des Betriebsmaterials, Zugkraft und das Personal decken sollen) wie folgt per Tonne und Kilom. **).

	Zölle. Francs.	Transportkosten. Francs.	Total per Tonne u. Kilometer. Francs.	Total per Centner-Meile. Pfennige.
Mons-Paris	0,0117	0,0163	0,0280	0,840
Charleroi-Paris	0,0143	0,0173	0,0316	0,948
Mons-Lille	0,0102	0,0214	0,0316	0,948
Dünkirchen-Lille	0,0085	0,0187	0,0272	0,816
Dünkirchen-Cambrai	0,0184	0,0208	0,0392	1,176

Auf den französischen Bahnen betragen die festgesetzten Maximal-Tarife:

Classe der Waaren.	Zoll- oder Bahngeld.	Transportkosten.	Total per Tonne und Kilometer.	Total per Centner und Meile.
I. Classe	0,10	0,080	0,18	5,4
II. Classe	0,09	0,070	0,16	4,8
III. Classe	0,08	0,060	0,14	4,2
IV. Classe	0,06	0,040	0,10	3,0

Es scheint also, als ob die Canäle alle schweren Güter, welche nicht schnell zu gehen brauchen, transportiren würden, während die Eisenbahnen etwa nur leichtere und dem Verderben ausgesetzte (Lebensmittel etc.) anziehen könnten.

*) Lamarle, Concurs des canaux et des chemins de fer. pag. 6.

**) 1 geogr. Meile = 0,135 Kilom. 1 Franc = 8 *gr* = 80 ₰. 1 Tonne = 20 Centner, also, um von dem Preis per Kilometer-Tonne in Francs auf Centner-Meilen in Pfennigen zu reduciren, ist mit $\frac{80}{20 \cdot 0{,}135}$ = nahe 30 zu multipliciren.

Indessen hat das Gegentheil stattgefunden, da sich verhältnissmässig mehr Güter in kurzer Zeit der Eisenbahn zugewendet haben, wie nachfolgende Tabelle über französische Verhältnisse zeigt.

Vergleichende Tabelle der Waarenbewegung auf den Schifffahrts-Strassen und den Eisenbahnen in Frankreich.

	Transportirte 1000 Tonnen auf einen Kilometer.					
	1850.	1853.	1855.	1856.	1857.	1858.
Schifffahrts-Strassen...	1722000	2164000	2177000	2302000	2166000	1788000
Eisenbahnen..........	353000	389000	1578000	1851000	2189000	2888000
	Dies giebt im Mittel an Tonnen pro Kilometer:					
Schifffahrts-Strassen, ungefähr.............	—	185600	186000	196000	187000	154000
Eisenbahnen..........	—	227500	314000	327000	320000	311000
Differenz zu Gunsten der Eisenbahnen........	—	41000	128000	131000	133000	157000

Aus dieser Tabelle geht das Folgende hervor: von 1850 bis 1856 haben sich die Transporte auf den Schifffahrts-Strassen jedes Jahr vermehrt. Dasselbe hat auf den Eisenbahnen aber in viel höherem Maasse stattgefunden, was daher rührt, dass die Länge der in Betrieb gesetzten Eisenbahnen gewachsen, während die der Schifffahrtswege constant geblieben ist. Von 1856 bis 1858 verminderte sich das Transportquantum auf den Wasserwegen, während es auf den Eisenbahnen wuchs; ein Resultat, welches sich aus der Ueberlegenheit der Eisenbahnen als Verkehrsmittel und daraus erklärt, dass durch Anlage einzelner Zweige das Netz mehr ausgebaut wurde.

Es folgt ferner aus der Tabelle: dass der Transport pro Kilometer auf den Eisenbahnen immer höher gewesen ist, und dass die Differenz zu Gunsten der Eisenbahnen von 1850 bis 1855 für diese schneller gewachsen ist als die bei den Canälen. Während sie 1855 bis 1857 incl. nahezu constant ist, hat sie sich 1858 erheblich vergrössert, trotz den Wasserstrassen seitens des Staates grosse Vortheile gewährt wurden.

Wenn diese beiden Concurrenten dieselben Productions- und Absatzorte in Verbindung setzen, so werden die verschiedensten Gründe vorhanden sein, sich des einen oder anderen zu bedienen, z. B. die Höhe der Tarife, die Natur der zu transportirenden Waaren, das Interesse, welches man an der baldigen Ueberkunft hat etc.

Zur Zeit scheint der Vorzug, den die Eisenbahnen geniessen, vieler Orten auch darin begründet, dass man auf lange Strecken auf ihnen versenden kann, ohne umladen zu brauchen, was bei den bestehenden Canalnetzen nicht immer der Fall ist, und wesshalb eine Ergänzung derselben sich empfiehlt, um sie besser auszunutzen. Bis dahin haben sie dieselben Nachtheile, wie sie Eisenbahnen von verschiedenen Spurweiten haben würden *).

Versuch der Concurrenz durch Einführung der Touage und der Bateaux porteurs.

Statt bei Canal- und Flussschifffahrt mit Pferden zu remorquiren, bedient man sich auch der Dampfschiffe (Remorqueurs) mit Schaufeln,

*) Perdonnet, Traité élément. III. éd. I. pag. 23.

welche indessen die Ufer der Canäle durch den Wellenschlag beschädigen können*), wesshalb Schraubenschiffe vorzuziehen sind. Eine erhebliche Verbesserung ist die Einführung der Touage, wobei eine Kette (neuerdings ein Drahtseil) auf dem Boden des Canals oder des Flusses liegt, welche über auf dem Deck des Remorqueurs in der Achse desselben befindlichen, durch eine Dampfmaschine bewegten Trommeln sich bewegt, so dass sich der Remorqueur an der Kette fortzieht. Der Nutzeffect des Motors ist auch hier viel grösser. Er hat dann eine grössere Zahl Schiffe (8—18, einige mit 400 bis 1000 Tonnen beladen) hinter sich. Oder auch jedes Schiff hat einen Motor und eine Kettenscheibe an der Seite (Bouquié's Anordnung). Andere schlagen vor eine Kette ohne Ende, zum Theil auf dem Grund aufruhend, über eine Trommel gehen zu lassen, welche der Motor beständig aufwickelt und sich gleichzeitig dabei fortzieht (Beau de Rochas).

Die Vortheile der Touage bestehen in besserer Ausnutzung der Dampfkraft als bei Schaufelschiffen, ferner dass der Zug von einem festen Punkte aus in der Richtung der Bewegung (nicht schief wie beim Zuge von Leinpfaden aus) erfolgt, leere Schiffe können ohne Personal mitgehen und die Geschwindigkeit ist grösser als mit Pferden oder Schaufelremorqueurs, wesshalb die Schiffe mehrere Fahrten machen können. Die Schiffe gehen (z. B. auf der Seine) oft zu Thal ohne gezogen zu werden, bergauf werden sie von den Toueurs (welche auf der Seine Relais machen und sich gegenseitig entgegengehend die Schiffe abnehmen) geschleppt.

Folgende Tabelle giebt eine Vergleichung der Preise der Zugkraft und der Geschwindigkeiten**):

	Preis der Zugkraft pro Tonne und Kilom.	Mittlerer täglicher Weg in Kilom.
Zug auf Canälen mit Menschen (im Mittel)	0,0077 Frcs.	11,34
Mit Pferden auf Canälen . .	0,0174 „	22,49
Mit Pferden auf Flüssen . .	0,0498 „	21,07
Remorqueur mit Schaufeln (Gefälle von 0m,20 per Kilom.)	0,036 — 0,016 „	41,20
Dasselbe Gefälle und Remorqueur an versenkter Kette .	0,022 — 0,0185 „	36,33

Um die Schiffe in ganzen Zügen durchschleusen zu können, hat man den Schleusenböden zwischen Paris und Montereau 180m Länge und 12m Breite gegeben. Auf dieser Strecke (105 Kilometer) gebrauchte man früher (1842) bergauf mit Pferden 6 Tage, im Jahre 1855 4 bis 5 Tage, jetzt mit Toueurs nur 3 Tage. Der Toueur la ville d'Auxerre auf der oberen Seine hat 35—40 Pferdekräfte, schleppt zehn Schiffe à 250 Tonnen Ladung. Die Maximalgeschwindigkeit bergauf ist 6 Kilom., bergab 12 Kilom. per Stunde. Die wirkliche bergauf 1m per Secunde, verlorene Zeit auf den Stationen etwa 1/10, also mittlere Geschwindigkeit 0m,90 per Secunde oder 3 1/4 Kilom. per Stunde.

*) Für den Betrieb mit Dampfschiffen (Räderschiffen) müsste man, nach Graeff, die Böschungen des Marne-Rhein-Canals mit Stein-Revetirungen versehen, was 20 — 30000 Francs per Kilometer kosten könnte.

**) Note sur le touage de la haute Seine avec remorqueurs sur chaine noyée. Oppermann, Portef. éc. d. mach. Octobre 1865 mit Zeichnungen des Toueurs la ville d'Auxerre und ausführlichen Angaben von Geschwindigkeiten und Tarifen.

Auf der Rhone soll sich der Nutzeffect eines Toueurs zu dem eines gewöhnlichen Schaufeldampfschiffes bei der Bergfahrt wie 3 : 1 verhalten *) bei $2^m,5$ Geschwindigkeit des Flusses.

Auf dem Canal du Nord und dem Burgundischen Canal bewegt man die Canalschiffe mit Dampf (bateaux-porteurs) und sie transportiren auch Waaren, für welche eine grössere Geschwindigkeit als beim Zuge mit Pferden erwünscht ist. Auf Flüssen haben sie einigen Erfolg gegenüber den Eisenbahnen, obgleich zuweilen beim Bergauffahren ihre Maschinenkraft nicht genügt und Schleppdampfschiffe ihnen zu Hülfe kommen. Auf Canälen vermindern sich die Vortheile, weil sie zum Durchschleusen eben so viel Zeit als andere Canalschiffe gebrauchen, weil der Widerstand (da ihr Querschnitt $^1/_4$ bis $^1/_5$ des Canals ist) sich vergrössert, und ausserdem beschädigen sie die Ufer des Canals durch den Wellenschlag, den sie erzeugen. Bei kleinen Geschwindigkeiten ist der Betrieb auf Canälen mit ihnen theurer, als beim Zuge mit Pferden, so dass sie bei schweren Rohproducten nicht mit Eisenbahnen concurriren können.

Versuch einer Concurrenz vorhandener Canäle mit Eisenbahnen, unter Aufgabe der Canalzölle, welche bisher das Anlagecapital verzinsten.

Rechnet man die Anlagekosten eines Canals zu 240,000 Francs pro Kilometer (nahe 480,000 ₰) per Meile, so müsste man für Verzinsung, Amortisirung und Unterhaltung wenigstens 14,000 Francs pro Kilometer (28,000 ₰) pro Meile rechnen. Aber wegen der Concurrenz mit Eisenbahnen kann der diese Ausgaben zu decken bestimmte Canalzoll nicht wohl über 0,02 Fres. pro Tonne und Kilom. (0,6 ₰ pro Centner und Meile) betragen. Es muss also wenigstens ein Verkehr von 700,000 Tonnen über die ganze Strecke stattfinden, den nur wenige Canäle nach langer Zeit erreichen.

Die mittlere Tonnage einer grossen Eisenbahn ist in Frankreich etwa 500,000 bis 600,000 Tonnen jährlich über die ganze Länge, auf den erheblichsten Canälen nicht über 300,000 Tonnen, was übrigens zum Theil von der mangelhaften Beschaffenheit der Canäle abhängt. Abschaffung der Canalzölle würde die Sachlage ändern. (Graeff, pag. 292).

Lamarle a. a. O. (pag. 44) sucht nachzuweisen, dass, wenn hiernach neue Canäle kaum mehr Aussicht haben, mit Eisenbahnen zu concur-

*) Armengaud, Public. industrielle. Vol. 14. livre 3 et 4. Navigation fluviale. Bateau toueur à vapeur „la ville de Sens“ de la compagnie de touage de la haute Seine. Mit einer vollständigen Geschichte der Versuche, die Touage einzuführen, aus dem Werke von Tourasse und Mellet: Essai sur les bateaux à vapeur appliqués à la navigation intérieure et maritime de l'Europe. — Auch mit Angaben von Tarifen. — Vergl. für deutsche Verhältnisse: über Kettenschleppschifffahrt und deren Einführung auf der Elbe, von Hamburg nach Magdeburg projectirt, von Müller. Protocoll der 67. Hauptversammlung des sächs. Ing.-Vereins, am 15. April 1869. pag. 8 — 28 A. sehr übersichtlich über Touage. Dresden. Teubner.

riren, und desshalb nicht mehr als selbstständige Verkehrslinien zu erbauen sind, die bestehenden Canäle, wenn man ihr Anlagecapital nicht zu verzinsen braucht (weil es schon durch frühere Einnahmen amortisirt angenommen werden kann, oder wenn man die Zölle, ähnlich wie Strassen das Weggeld, abschaffte), sondern nur die Unterhaltung und Transportkosten rechnete, mit den Eisenbahnen concurriren könnten, wenn man ausserdem die von ihm weiter angegebenen Verbesserungen in der Anlage, an den Schiffen und im Betriebe anbrächte.

Die Transportkosten würden sich nämlich dann stellen wie folgt:

	Tonne u. Kilom.	Centner-Meile.
Eisenbahnen	0,0242 Frcs.	0,726 ₰
Gemischte Wasserstrassen (Canäle und Flüsse)	0,0088 „	0,264 „
Canäle	0,0065 „	0,195 „

so dass also die gemischten Wasserstrassen eine Ersparniss von 0,0154 auf 0,0242 Frcs. oder 64 Proc., und der Canäle von 0,0177 auf 0,0242 Frcs. oder 75 Proc, selbst wenn man den Transport mit lebenden Motoren beibehält (Lamarle pag. 47), ergeben würden.

Geringe Geschwindigkeit auf Canälen, und Schwierigkeit sie zu vergrössern.

Die Geschwindigkeit auf Canälen ist nur gering. Beim Zuge durch Menschen beträgt sie etwa $0^m,27$ pro Secunde, oder nahe 1 Kilometer pro Stunde, mit Pferden etwa $0^m,55$ oder 2 Kilometer pro Stunde im Durchschnitt. Wollte man eben so schnell wie auf Eisenbahnen transportiren, so würden die Kosten des Wassertransports erheblich grösser werden.

Ein Schiff von 5^m Breite, $1^m,5$ Tiefgang und mit 225 Tonnen Nutzlast beladen, erfordert bei $0^m,55$ pro Secunde Geschwindigkeit auf einem Canal von 18 Quadratm. Querschnitt 72,05 Kil. Zugkraft*) (Lamarle pag. 33). Auf einer Eisenbahn würden zu einer Nettolast von 225 Tonnen, 375 Tonnen Brutto (incl. Maschine und Tender) gehören und der Widerstand, bei der Geschwindigkeit eines Lastzuges von 20 Kilom. per Stunde (2,70 Meilen), zu 4 Kil. per Tonne gerechnet, würde 1500 Kil. betragen, also über das Zwanzigfache. Wollte man aber auf dem Canal mit 20 Kilom. per Stunde transportiren, so würde, da der Widerstand mit dem Quadrate der Geschwindigkeit wächst, die Zugkraft 7205 Kil. betragen. Die Kosten der Zugkraft würden sich aber ausserordentlich vertheuern, da die Leistung belebter Motoren, wie in dem betreffenden Capitel nachzusehen, bei dieser Geschwindigkeit nur noch ausserordentlich gering ist und etwa nur noch $^1/_5$ der Maximalleistung beträgt.

Die erhebliche Kostenersparniss bei Canälen kann also nur stattfinden, wenn der Transport sehr langsam geschieht; aber wenn bei geringerer Geschwindigkeit die Zugkosten kleiner werden, so vermehren sich die Kosten der Anschaffung des Schiffs und der Geräthe wie des Personals, welche länger für eine Fahrt in Anspruch genommen werden. Es existirt daher in jedem Falle eine Geschwindigkeit, welche die Gesammtkosten zu einem Minimum werden lässt.

---

*) Nach d'Aubuisson, Traité d'hydraulique ist der Widerstand

$E = 140 \frac{S^2 V^2}{C + 15}$ Kil., worin S der eingetauchte Querschnitt, V die Geschwindigkeit, C der Wasserquerschnitt des Canals und 140 eine für diesen Fall passende Constante, also $E = 140 \frac{(7{,}50 \,.\, 0{,}55)^2}{18 + 15} = 72{,}05$ Kil.

Einfluss der Vergrösserung des Canalquerschnittes.

Die Zugkosten auf Canälen werden durch die vergrösserten Querschnittsdimensionen eines Canals verringert, weil grössere Schiffe vortheilhafter sind als kleine und sich mit Vertiefung des Canals die Ladungsfähigkeit vermehrt, und der Widerstand pro Einheit des transportirten Gewichts kleiner wird. Aber die Anlagekosten des Canals und der Wasserverbrauch wachsen.

Beispielsweise hat eine Vertiefung des Fahrwassers von 5 Fuss auf 6 Fuss, eine Vermehrung der Ladungsfähigkeit von 9 auf 11 im Gefolge. — Die kleinen Dampfschiffe, welche auf dem Grand-trunk- und Regents-Canal bei beschränkter Tiefe 5 engl. Meilen in der Stunde machen, legen in tieferem Wasser mit derselben Bemannung und demselben Kohlenverbrauch 9 Meilen in der Stunde zurück. Man hat daher die sämmtlichen französischen Canäle, welche einen starken Verkehr haben (Mons-Paris, Charleroi-Paris), nach Eröffnung der Eisenbahn Concurrenz auf 6' 4½" preuss. Wassertiefe gebracht, nachdem dieselben zuerst von 4' 8" auf 5' 7" vertieft worden waren. Der Aire Calder Schifffahrtsweg, welcher im Anfange 3½ Fuss tief war, wurde 1774 auf 5 Fuss Wassertiefe vermehrt, 1820 auf 7 Fuss und jetzt geht man damit um, die Wassertiefe auf 8 bis 9 Fuss zu bringen*).

Vermehrung des Zeitverlustes und der Unterhaltungskosten auf Canälen mit vielen Schleusen.

Die Zugkosten und der Zeitaufwand werden auf Canälen erheblich grösser, je kürzer die Haltungen sind, weil die sich ansammelnden Schiffe sich gegenseitig stören und eine gewisse Zeit zum Verlangsamen der Geschwindigkeit bei Ankunft vor der Schleuse und zum Ingangkommen bei der Abfahrt erforderlich ist, so dass jede Schleuse dem Transporte eben so viel Kosten verursacht, als ⅓ bis ½ Meile Mehrlänge.

Auf dem Schifffahrtswege von Mons nach Paris betragen die Kosten der Zugkraft für die Reise hin und zurück für ein 4000 Centner ladendes Fahrzeug**) auf Canalstrecken von

9,00 Kilom. langen Haltungen	= 2890 ⁰ preuss.	0,64 Frcs. pr. Kilom.	= 38,6 gr pro Meile.
3,28 „ „ „	= 870 ⁰ „	0,94 „ „ „	= 56,7 „ „ „
2,89 „ „ „	= 766 ⁰ „	1,11 „ „ „	= 66,9 „ „ „
0,66 „ „ „	= 175 ⁰ „	6,21 „ „ „	= 374,5 „ „ „
Auf den Flussstrecken	. . . . . .	1,80 „ „ „	= 108,5 „ „ „
Im Tunnel	. . . .	5,18 „ „ „	= 312,4 „ „ „

Die laufenden Unterhaltungskosten von Canälen, welche eine Zeit lang im Betriebe sind, vermehren sich ebenfalls mit der Anzahl Schleusen.

---

*) Rhein-Elbe-Canal, pag. 2. Vergl. auch Lamarle.

**) Rhein-Weser-Canal. Darlegung und Motivirung des Projectes nebst Minimalfrachtberechnung und Auszügen aus den Kostenanschlägen, von K. Michaelis, Wasserbau-Inspector. 1864. Mit 4 Kupferbeilagen.

Sie betrugen (nach Abzug der Einnahmen aus den Fischereien und Anpflanzungen*):

Canal von Languedoc 100 Schleusen auf 241 Kilom.	2100	Frcs.	per Kilom.
Canal von Briare 40 „ „ 56 „	1800	„	„
Canal du Centre (schlecht unterhalten)	1400	„	„
Canal von Brüssel nach Boom, 5 Schleusen auf 28 Kilom.	1000	„	„

während man für eine Eisenbahn je nach der Frequenz 1500—3000 Frcs. per Kilom. rechnen kann.

Resumé über die Vergleichung von Canälen mit Eisenbahnen.

Würde auch die Ausgabe für die gesammten Transportkosten für Güter (eigentlicher Transport und Verzinsung) auf einer Eisenbahn und einem Canal dieselbe sein, so würde doch die erstere den Vorzug verdienen, weil sie regelmässiger, schneller und zu allen Zeiten fördern kann. Diese Regelmässigkeit und Schnelligkeit sind vielleicht für Personentransporte wichtiger als für Güterverkehr, aber der Handel macht in jetziger Zeit auch aus nahe liegenden Gründen nach dieser Richtung grosse Ansprüche. Der Eisenbahnbetrieb wird nicht aufgehalten, wenn der des Canals wegen Dürre, wegen Frostes, Reinigung desselben oder aus sonstigen Ursachen unterbrochen wird. Die Geschwindigkeit der schwersten Güterzüge ist immer erheblich grösser als die der Schiffe auf Canälen, und man kann die Waaren eher in kleinen Quantitäten versenden, wesshalb der Consument keine Vorräthe zu halten braucht, welche Zinsenverluste nach sich ziehen, und zu keiner Jahreszeit braucht er zu fürchten, dass seine Dispositionen durch lange dauernde widrige Vorfälle, welche den Schifffahrtswegen ankleben, durchkreuzt werden.

Der Fall, dass ein Canal oder eine Eisenbahn nur Waaren zum Transport erhalten könnte, kommt aber sehr selten vor. Gewöhnlich ist auch, wenn der Verkehr mit Rohproducten und Gütern von geringem Werth stark genug ist, um die Anlage einer Bahn oder eines Canals zu motiviren, ebenfalls die Bewegung von werthvolleren Gütern, welche sonst dem Landtransporte zufallen, und von Personen nicht unerheblich. Wenn nun auch in einem solchen Falle die Anlagekosten der Bahn, um diesen letzteren Transporten zu genügen, etwas höher sind als die einer Bahn, welche nur für den Transport von Rohproducten dient, so können wieder die werthvolleren Waaren und die Personen relativ höher tarifirt werden, und daher kann der Gewinn durch sie einen verhältnissmässig grossen Theil der Generalkosten (Verwaltung, Gleisunterhaltung etc.) und der Verzinsung des Capitals tragen. Es ist daher der Antheil dieser Kosten für die Rohproducte geringer, als im Falle, dass solche nur vorhanden wären.

*) Perdonnet, Traité élem. Tome I. 3. éd. pag. 8.

Häufig kommt es sogar vor, wie es z. B. die Rechnungsausweise der franz. Nordbahn, der Orleans-, der Rouen-, der Ostbahn, der London-Birmingham-, der London-Bristol- und anderer Hauptbahnen des Continents ergeben, dass der Ueberschuss aus dem Personenverkehr, der Eilgüter und der classificirten (höher tarifirten) Waaren die Kosten der Verwaltung, der Gleisunterhaltung und die Verzinsung des Capitals vollständig deckt. Die Eisenbahn kann sich dann mit einem sehr billigen Transportpreise begnügen, der nur um etwas höher als die Selbstkosten der Zugkraft ist, um diejenigen Producte anzuziehen, welche sonst die Bahn nicht benutzen würden.

In der Kriegführung haben Eisenbahnen, wie die Erfahrung gezeigt hat, einen sehr grossen Werth, der Nutzen der Canäle ist unter solchen Umständen äusserst gering.

Die Canäle transportiren Rohgüter langsam aber sehr billig und in viel grösseren Massen als der Landtransport, aber der Personenverkehr ist im Gegensatz zu den Landstrassen und Eisenbahnen fast gleich Null.

In gebirgigen Gegenden sind sie unvortheilhaft, weil die Haltungen kurz werden und starke Schleusenfälle viel Wasser consumiren, welches an den Scheitelpunkten oft schwierig zu haben ist, zumal oft in gewissen Gebirgsformationen starke Filtrationen vorkommen.

Man kann daher in stark coupirtem Terrain Canäle oft nicht mehr anlegen, wo Eisenbahnen noch möglich sind, auch werden die Canäle länger als die Bahn in solchem Terrain. In mehr flachem Lande wird ein Canal möglich, kann indessen kaum versuchen, mit einer Eisenbahn zu concurriren.

Bei Anlagen von Canälen kann der Industrie das Wasser abgeschnitten werden, in einzelnen Fällen durch tiefe Einschnitte und Tunnels, welche grosse Drains bilden, deren Dichtung schwierig, oft unmöglich ist*).

Der Nutzen von Canälen wird erst vollständig erreicht, wenn sie zusammenhängende Wasserstrassen bilden, und ihre Anlage ist motivirt, wenn sie vorhandene grosse Wasserstrassen in einem dünn bevölkerten Lande verbinden, damit das Umladen vermieden wird, welches bei Rohproducten 20 bis 4 Centimen pro Tonne (oder 1 bis 0,2 Pfennig pro Centner) kosten kann.

Was die Frage betrifft, ob es noch rathsam, Canäle auf grössere Strecken als selbstständige Verkehrswege zu bauen, so darf man im Allgemeinen sagen, dass man an die Projectirung ganz neuer grosser Canalsysteme (und eben so Landstrassensysteme) wohl nicht mehr denken wird**), wohl aber wird man vorhandene Canal- und Strassen-

---

*) Rhein-Elbe-Canal, pag. 6.

**) Vergl. Revue universelle par Cuyper. Sept. et Oct. 1864: Revue économique etc. par Jordan und Aeusserung des franz. Ministers in Annales des mines,

systeme ausbauen, um vorhandene Communicationen nutzbarer zu machen und besser ausbeuten zu können, oder kleinere Strecken in besonderen Fällen bauen, z. B. zur Ausbeutung von Kohlendistricten etc.

Der Seitencanal der Loire von Orleans nach Angers 245 Kilom. lang, ist zwar zu 46 Millionen Francs veranschlagt, aber er wird 2500 Kilom. Wasserstrassen, welche 250 bis 300 Millionen Francs gekostet haben, um Vieles nutzbarer machen.

Einige behaupten sogar, dass wenn Eisenbahnen ein Jahrhundert eher erfunden wären, $^{9}/_{10}$ der vorhandenen Canäle nicht gemacht sein würden*).

Man wird desshalb die vorhandenen Canäle noch lange Zeit, auch in einem mit Eisenbahnen überzogenen Lande conserviren. Viele dienen den Zwecken grosser Industrien, welche sich an ihnen angebaut haben. Aber dann müssen die Canäle, da das Capital seit langem ausgegeben ist, sich mit der geringsten Verzinsung begnügen. Wenn aber die Regierungen dazu beitragen wollten, im Interesse des Handels die Communication zu erleichtern, so thäten sie besser, diejenigen Summen, welche sie auf die Verbesserung der vorhandenen oder Herstellung neuer Canäle etwa verwenden möchten, als Subvention an Eisenbahngesellschaften zu geben.

III. Vergleichung der Transporte auf Eisenbahnen und schiffbaren Flüssen.

Die Schifffahrt auf den Flüssen, den Seen und auf dem Meere ist nicht, wie auf den Canälen, mit einem erheblichen Anlagecapitale belastet, und daher in gewissen Fällen billiger, so dass sie den Eisenbahnen starke Concurrenz machen kann.

So concurrirt die Seine ungeachtet zahlreicher Krümmungen für den Waarentransport mit der Rouen-Havre-Bahn, obgleich allerdings in den letzten Jahren die Tonnage auf der Bahn sich rascher als die auf dem Flusse vermehrt hat. Eben so theilt sich die Saône zwischen Châlons und Lyon mit der parallelen Bahn in den Verkehr.

Indessen sind die Flüsse häufig mit Untiefen versehen, machen Umwege, sind reissend, wasserarm, und ihre Schiffbarmachung kann erhebliche Kosten erfordern.

Der Rhein ist zwischen Basel und Strassburg so reissend, dass die Schifffahrt fast unmöglich wird. Die Rhone kann nur mit grösster Schwierigkeit mit der Lyon-Mittelmeer-Bahn concurriren. Die Schiffe, welche die Loire oberhalb Roanne befahren können, kommen nicht wieder zu Berg, sondern werden zu Roanne auseinander geschlagen; von Orleans nach Tours ist die Tonnage auf der Bahn 518,000 Tonnen, auf dem Flusse nur 123,000. Von Tours nach Nantes auf beiden gleich gross.

In der den hannov. Ständen vorgelegten Denkschrift über die Rentabilität der hannoverschen Südbahn**) vom 13. April 1850 ist folgende Vergleichung zwischen

---

6. Série. Tome VI. 1864. pag. 233. Circulaires et instructions. Service des ponts et chaussées.

*) The Engineer. 1863. Dec. 4. pag. 322.

**) Actenstücke der eilften allg. hannov. Ständeversammlung. 1. Diät. Heft XI.

den Kosten der Wasserfracht auf der Weser und Eisenbahnfracht zwischen Bremen und Münden aufgestellt, worin zum Theil wegen der verschieden hohen Wasserzölle für verschiedene Arten Güter, die Frachten unter sich verschieden sind.

	Güter.	Producte I.	Producte II.
Wasserfracht zu Berg	11 gr 1,7 ₰	9 gr 4,6 ₰	8 gr 7,0 ₰
zu Thal	8 „ 7,1 „	6 „ 10,5 „	6 „ 3,6 „
Eisenbahnfracht über Hannover	11 „ 2 „	8 „ 5 „	5 „ 7 „
über Hildesheim	11 „ 10 „	8 „ 11 „	5 „ 11 „

In der Bergfahrt konnte für den geraden Weg über Hannover also concurrirt werden und die billigen Thalfrachten sind nur möglich, indem sie die Rückladung der mit hohen Frachten aufwärts gekommenen Schiffe bilden. Für weiter als Münden gehende Güter kamen auch noch die Kosten des Ueberganges von den Schiffen auf Landfuhrwerk in Betracht, welche bei der Bahn wegfielen. Seit der Zeit hat durch die Herabsetzung der Gütertarife diese Schifffahrt erheblich abgenommen.

Seit Kurzem hat man statt des Schiffszuges durch Pferde auf der unteren Seine in einer Länge von 72 Kilometer die Touage mit Dampf eingeführt, welche jetzt unter günstigen Bedingungen vor sich geht*). Nach einer Angabe von Molinos geschieht der Dienst mit einer grossen Regelmässigkeit, und es werden zuweilen täglich 20 bis 25 Schiffe mit zusammen 4 bis 5000 Tonnen transportirt, die Havarien sind viel seltener und schneller reparirt als beim Dienst mit Pferden, und der Tarif für das Remorquiren ist nur 1 Centime pro Kilometer-Tonne (0,3 Pfennig pro Centner und Meile).

Hiernach könnte man glauben, dass die Flussschifffahrt mit Hülfe der Touage per Dampf der Eisenbahn gefährlich werden könnte. Dennoch ist dies ein Irrthum, wie leicht zu beweisen ist. Die Distanz von der Oise nach Paris ist 67 Kilometer. Die Bewegung flussaufwärts ist 1,170,000 Tonnen über die ganze Entfernung. Man hat erst nach vielen Opfern die Touage in Gang gebracht, und es geht jetzt gut damit; nichts desto weniger ist sie der Eisenbahn ungefährlich. Denn von der Oise nach Rouen ist die Distanz zu Wasser 171 Kilometer und 195,399 Tonnen gehen zu Berg, welche 19,163,867 Tonnen-Kilometer**) (51,742,441 Centner-Meilen) ergeben. Die Bahn von Rouen nach Paris transportirt 670,000 Tonnen, welche 77,935,239 Tonnen-Kilometer ergeben. Die ganze Güterbewegung zwischen Paris und Rouen beträgt also 865,000 Tonnen und macht 85,663,000 Tonnen-Kilometer aus. Wenn man diese mit Touage zu 1 Cent. per Tonnen-Kilometer beschaffte (0,3 ₰ per Centner-Meile), so gäbe dies 856,630 Frcs., und da wegen der leeren Rückfracht zu Thal die Ausgabe 0,75 Centimen (0,255 ₰ per Centner) beträgt, so hat man 214 Frcs. zur Verzinsung des Capitals. Das Capital beträgt aber:

Ketten 30 Frcs. per Meter	5,130,000 Frcs.
20 Toueur-Schiffe à 150,000 Frcs.	3,000,000 „
Total	8,130,000 Frcs.

Dies gäbe $2^1/_2$ Proc. Verzinsung, was aber keineswegs zu erreichen ist. Denn die Entfernung zwischen Paris und Rouen auf dem Wasserwege ist 238 Kilometer, dagegen nur 134 Kilometer auf der Bahn, und die Wasserfracht, mit Rücksicht auf Tauwerk, Entladungskosten, Versicherung, Schifffahrtsabgaben, Quaigebühren, Schiffskosten etc. würde nicht unter $2^1/_2$ Centimen per Tonnen-Kilometer (0,75 ₰ per Centner-Meile) kommen. Dies giebt, auf eine Distanz von 134 Kilometern reducirt,

*) Vergleiche Note *) pag. 73. Touage auf der Elbe.

**) Tonnen-Kilometer auf Centner-Meilen mit 2,7 zu multipliciren.

4,41 Cent. (1,332 ₰ per Meile und Centner). Ausserdem transportirt die Bahn in zwei Tagen, während mit Touage man 14 Tage gebraucht. Wenn also die Bahn ihre Tarife, welche jetzt zwischen Paris und Rouen 7,7 bis 8,6 Cent. betragen (2,31 bis 2,58 ₰) reducirte, würde der Flussschifffahrt sehr wenig verbleiben.

Was für die Seine wahr ist, gilt in erhöhtem Maasse für die Rhone. Wenn auch die Differenz der Entfernungen geringer ist, so ist der Strom viel stärker und die Touage würde in der Anlage wie im Betriebe kostspielig sein. Bei der Saône ist der Strom der Touage günstig, aber die Veränderlichkeit des Bettes ist ein grosses Hinderniss; dasselbe gilt von der Loire.

Nach Perdonnet kann die Touage auf Canälen mit dem Schiffszuge durch Pferde nicht concurriren und soll in jeder Beziehung, sowohl was Anlage wie Betrieb betrifft, theurer sein.

Der Wegebau.

Capitel I.

Von den Fuhrwerken*).

Wenn einerseits die Beschaffenheit der Strassenbahn von grossem Einfluss auf die grösstmögliche fortzuschaffende Last ist, so kann andrerseits durch die zweckmässige Einrichtung des Fuhrwerks, für diesen Zweck ebenfalls viel erreicht werden. Es ist daher von Wichtigkeit, einige Grundsätze kennen zu lernen, wonach die Fuhrwerke zu construiren, und wie die Verhältnisse der einzelnen Constructionstheile auf die Verringerung des Widerstandes von Einfluss sind, und einige Zahlenwerthe zusammen zu stellen.

Die zweirädrigen Fuhrwerke heissen Karren, die vierrädrigen Wagen. Fuhrwerke mit mehr Rädern, sind, obschon sie einige Vortheile haben, wegen anderer überwiegenden Nachtheile nicht in Gebrauch gekommen.

Die Einrichtung der Räder und Achsen hat vor allen übrigen Theilen des Fuhrwerks einen grossen Einfluss, sowohl auf die Grösse der nöthigen Zugkraft als auf die Erhaltung der Strassen. Im Allgemeinen wird die Einrichtung eines Fuhrwerks als bekannt vorausgesetzt.

Ein Rad besteht aus der Nabe A (Fig. 1.), in welcher sich das metallene Futter B befindet. DE ist eine Radspeiche, FF der Rad- oder Felgenkranz, welcher aus kreisförmig geschnittenen, unter sich vergabelten Hölzern, Felgen genannt, hergestellt ist. Die Felgen werden durch den aus mehr oder weniger dickem Flacheisen bestehenden Reif zusammengehalten, welcher mit

*) Sehr ausführlich und übersichtlich über Strassen- und Eisenbahnfuhrwerk, mit reicher Literatur: Allgemeine Maschinenlehre von Dr. Moritz Rühlmann, Professor am Polyt. in Hannover. III. Band. Braunschweig, Schwetschke & Sohn. 1868.

Nägeln oder Schrauben befestigt ist, deren Köpfe eingelassen sind, da sie sonst der Strasse sehr schaden würden.

Die lichte Entfernung zwischen den Innenkanten der Räder, auf dem Boden gemessen, nennt man Spurweite[1]), welche in einigen Ländern eine bestimmte, gesetzmässig verordnete ist, theils um die Breite der Wagen nicht über ein bestimmtes Maass hinaus gehen zu lassen, theils wohl in Rücksicht darauf, dass auf unchaussirten Wegen, wo leicht tiefe Gleise entstehen, Wagen von ungleicher Spurweite kaum würden fahren können ohne Gefahr des Umwerfens.

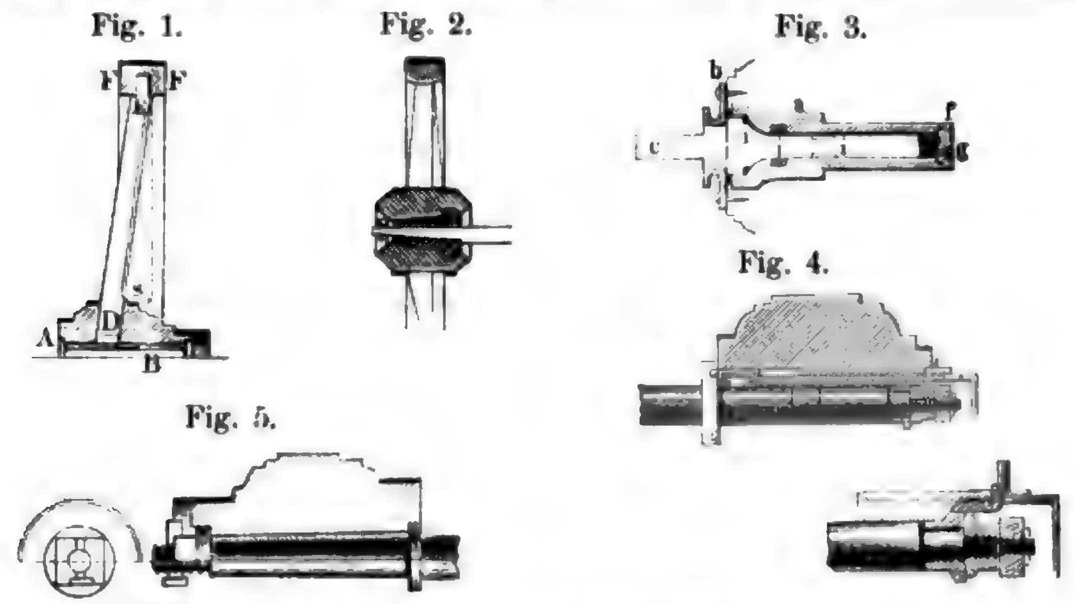


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4. Fig. 5.

Der sogenannte Sturz S des Rades (Fig. 1) hat den Zweck:

1) Das Rad gut binden zu können; während des Bindens vermehrt sich der anfänglich gegebene Sturz.
2) Ihm seitliche Steifigkeit zu geben; und weil die Achsschenkel etwas geneigt sind, aber nicht so stark, dass die Speichen vertical stehen, federt das Rad etwas bei Stössen.
3) Ermöglicht man eine grössere Breite des Wagenkastens.
4) Wird der anhängende Koth zur Seite geschleudert.
5) Bei stark gewölbten Chausseen liegen die Reifen in der Breite bei geneigten Achsenschenkeln besser auf.

Die Reifen befinden sich in dem Umfange eines Cylinders, dessen Achse der Achsschenkel ist, da sie, wenn konisch, nicht festsitzen würden.

Breite Radfelgen werden nöthig, wenn man starke Räder haben will. Fig. 2 ist der Durchschnitt eines Rades von einem Frachtwagen, wie es z. B. häufig in

---

[1]) Spurweiten verschiedener Länder in: Kröncke, Theorie des Fuhrwerks, pag. 106, oder Wesermann: Handbuch des Strassen- und Brückenbaues, pag. 222. In Hannover ist die Spurweite gesetzlich zu 4' 10" hannov. vorgeschrieben. In Altpreussen nennt man Spurweite die Entfernung von Mitte zu Mitte beider Felgen gemessen, und sie ist gesetzlich 4' 10" rheinisch.

England in Gebrauch ist, und wo gegen Seitenstösse die Speichen abwechselnd geneigt sind. Die Fortbewegung des Wagens geschieht bequemer, wenn er Spur hält, und auf schlechteren Strassen ist diese leichter einzuhalten, wenn die Nabe auf der Achse etwas verschiebbar, wesshalb der Vorstecknagel nicht dicht vor der Nabe sich befindet, was indessen zu Verlust an Schmiere Veranlassung giebt; bei besseren Strassen kann man die Achsen in einer Schmierbüchse anbringen, wie es bei leichten Fuhrwerken auch meistens geschieht. (Fig. 3.) Die Büchse a ist in der Nabe befindlich. Die Achse mit Ansatz und Scheibe b an die Nabe geschraubt, um Ablaufen zu verhindern. f Schlussplatte, g Schmierloch, i i Schmiernuthen, zwischen a und b ein Ring Filz, um Auslaufen der Schmiere zu verhindern. Vergl. auch (Fig. 4) cylindrische Patent-Achse für leichtes Fuhrwerk, und (Fig. 5) konische Achse für Frachtfuhrwerk. Das Verhältniss zwischen dem Durchmesser des Rades und der Achse ist bei ordinairen Wagen häufig $^1/_{30}$ und kann bei niedrigen Fracht- oder Blockwagen bis zu $^1/_{12}$ angenommen werden.

Die Höhe der Räder ist sehr variabel und nach der Erfahrung soll die vortheilhafteste Höhe der Räder bei guten Strassen sein:[1])

zweirädrige Frachtkarren	5′ 6″ — 6′ 0″
vierrädrige Frachtwagen, Vorderräder	3′ 3″
„ „ Hinterräder	4′ 0″ — 4′ 2″
für vierrädriges schnelles Fuhrwerk Vorderräder	2′ 9″ — 3′ 0″
„ „ „ „ Hinterräder	4′ 0″ — 4′ 6″

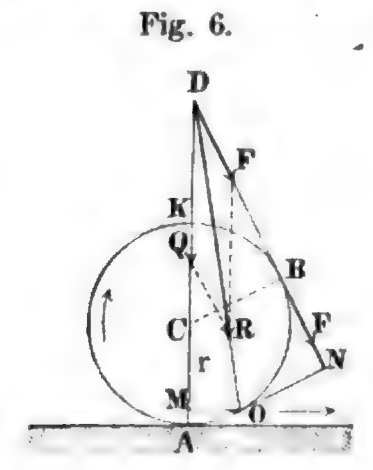
Auf schlechten Wegen sollen sie um 6 Zoll bis 1 Fuss höher sein. Die Vorderräder macht man niedriger, theils um sie beim Wenden (z. B. bei Stadtwagen, Droschken etc.) unter den Wagenkasten drehen zu können, theils um die Stränge niedrig genug anspannen zu können. Die Höhe der Räder ist bei manchen Wagen, z. B. Diligencen (franz. Dil. 3^m im Ganzen hoch) dadurch beschränkt, dass für beladene Wagen Bestimmungen über die grösste zulässige Ladungshöhe bestehen, und weil für die Höhe des Wagenkastens ein bestimmtes Maass erforderlich ist. Die Wagen der franz. Diligencen haben $1^m,_{36}$ hohe Hinterräder und $0^m,_{86}$ hohe Vorderräder. Auf 1000 Lieues[2]) war der Verschleiss an den beiden Vorderrädern 14,77 Kil. an den beiden hinteren Rädern 17,37 Kil. Die Unterhaltungskosten der 4 Räder auf 1000 Lieues betrugen im Ganzen 112 Frcs. 82 Cent. jährlich. Nach Zurücklegung von 3000 Lieues sind sie unbrauchbar. Dupuit schlägt den Verschleiss der Frachtwagenräder von 17 Centim. Felgenbreite zu 50 Kil. per 1000 Lieues an.

Was den Einfluss des Durchmessers des Rades auf den Widerstand, vorerst die wälzende Reibung betrachtet, angeht, sie ist er nach Morin umgekehrt dem

[1]) Umpfenbach, pag. 22.
[2]) 5 Lieues = 3 Meilen.

Durchmesser des Rades proportional. Dies lässt sich theoretisch[1]) nicht scharf nachweisen, sondern ist nur richtig, wenn man den Werth f im Folgenden, bei gleicher Materialbeschaffenheit als eine constante Grösse ansehen darf[2]). (Fig. 6).

Fig. 6.



In Folge des Druckes Q auf die Basis drückt das Rad die Unterfläche etwas zusammen, so dass es bei O aufruht. Construirt man das Kräfteparallelogramm, dessen Diagonale DR die Kraft, mit welcher das Rad in O aufgedrückt wird, so müssen die Kraftmomente eines Winkelhebels AON gleich sein. $ON = a$ und $OM = f$ gesetzt, hat man, wenn F die Kraft am Umfange, welche der Reibung entspricht,

$$Fa = Qf$$

also die Grösse der Reibung

$$F = \frac{f}{a} Q.$$

Der Hebelarm f ist eine Erfahrungsgrösse und hängt von der Beschaffenheit der Strasse ab, ist aber immer so klein, dass man statt a den Abstand des Fusspunktes A von der Richtung der Kraft F und statt Q den Gesammtdruck R einsetzen kann, also ist

$$F = \frac{f}{a} R$$

und folglich, wenn die Richtung der Kraft horizontal ist und durch den Mittelpunkt geht, also $a = r$ ist

$$F = \frac{f}{r} R,$$

der sogenannte Reibungscoefficient f der wälzenden Reibung ist daher keine unbenannte Zahl, sondern eine lineare Grösse, und muss desshalb mit r in gleichem Maasse ausgedrückt werden.

Nach Dupuit und Umpfenbach wächst die wälzende Reibung mit dem Drucke direct, aber umgekehrt wie die Quadratwurzel aus dem Radhalbmesser,

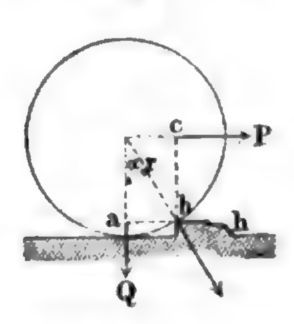
---

[1]) Weisbach. Ingenieurmechanik. 3. Auflage. I. Theil, pag. 289.
[2]) Vergl. Technische Mechanik von Dr. Ritter, pag. 456.

so dass die Reibung zweier Räder von resp. 4 und 1 Fuss Halbmesser sich wie $\frac{\sqrt{1}}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2}$ verhält. Dies lässt sich durch folgende Betrachtung theoretisch erklären.

Man hat nach Fig. 7 die Momentengleichung

Fig. 7.



$$P \,.\, cb = Q \,.\, ab$$

$$Pr \cos \alpha = Qr \sin \alpha$$

Es ist $h = r - r \cos \alpha$ also

$$\cos \alpha = \frac{r-h}{r} \text{ also } Pr \cos \alpha = P\,(r-h)$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos \alpha^2} = \sqrt{1 - \left(\frac{r-h}{r}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\frac{r^2 - (r^2 - 2\,rh + h^2)}{r^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{2\,rh - h^2}{r^2}}$$

dies substituirt, hat man

$$P = Q\,\frac{\sqrt{2\,rh - h^2}}{(r-h)}$$

und weil h, als meistens sehr klein, gegen r vernachlässigt werden kann

$$P = Q\,\frac{\sqrt{2\,rh}}{r}$$

$$P = Q\,\sqrt{2\,h}\,.\,\frac{1}{\sqrt{r}}$$

und $\sqrt{2\,h}$ als einen Erfahrungscoefficienten $= \mu$ gesetzt

$$P = \mu\,Q\,.\,\frac{1}{\sqrt{r}}$$

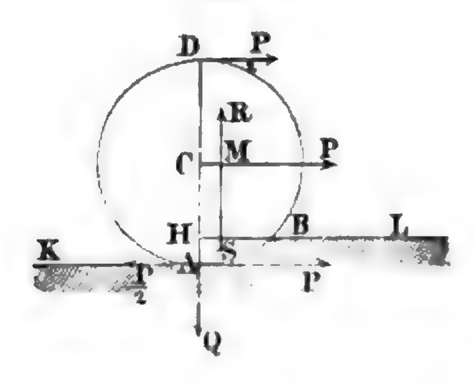
wo μ ebenfalls eine lineare Grösse, in demselben Maasse wie r auszudrücken ist.

Gerstner und Brix haben noch eine andere Anschauungsweise, welche wegen der Behandlung des Gegenstandes instructiv ist und mitgetheilt zu werden verdient [1]).

1) Weisbach, Ingenieurmechanik. 3. Aufl. II. Abtheilung, pag. 579.

Rollt das belastete Wagenrad (Fig. 8) über einen compressiblen Boden, so drückt es eine Furche oder Gleis in denselben, wobei also eine mechanische Ar-

Fig. 8.



beit zu verrichten ist, und man darf annehmen, dass das eingedrückte Erdvolumen dem Drucke proportional sei. Dieser Arbeitsverlust kann wie folgt beurtheilt werden.

Das Rad ABD drückt ein Gleis von der Tiefe AH = h ein und ruht in dem Bogen AB, auf der bei seinem Fortrollen einzudrückenden Erdmasse ABL, während das Gleis auf der hinteren Seite des Rades schon eingedrückt ist. Wird die Horizontalprojection HB = l und die Gleisbreite b gesetzt, so kann das Volumen V des eingedrückten Erdkörpers ABH = $\frac{2}{3}$ bhl gesetzt werden. Ist nun der Widerstand R, welchen der Boden dem Einsinken des Rades entgegensetzt, dem Volumen proportional, so hat man

$$R = \mu V = \tfrac{2}{3} \mu b h l,$$

wo μ eine von der Beschaffenheit des Bodens abhängige Zahl ist. In der Regel ist die Gleistiefe klein gegen den Halbmesser, wesshalb man

$$h = \frac{l^2}{2r} \text{ setzen kann,}$$

daher

$$R = \tfrac{1}{3} \frac{\mu b l^3}{r}.$$

R muss aber auch gleich dem Gewicht des belasteten Rades sein, da der Boden dies Gewicht aufnehmen muss. Man kann daher umgekehrt aus demselben

$$l = \sqrt[3]{\frac{3\,Rr}{\mu b}} \text{ berechnen.}$$

Der Widerstand R ist ein Inbegriff von lauter parallelen Kräften und hat daher seinen Angriffspunkt im Schwerpunkt S des verdrängten Bodens. Der Abstand des Schwerpunkts von der Achse, oder die Mittelkraft der parallelen Kräfte ist CM = $\frac{3}{8}$ HB = $\frac{3}{8}$ l, folglich hat man das Moment, mit welchem R der Umdrehung des Rades entgegenwirkt:

$$R \,.\, CM = R \,.\, \tfrac{3}{8} \sqrt[3]{\frac{3\,Rr}{\mu b}} = \tfrac{3}{8} \sqrt[3]{\frac{3\,R^4 r}{\mu b}}$$

und da man statt R auch Q setzen kann, die gleichen Momente

$$Pr = \tfrac{3}{8} \sqrt[3]{\frac{3\,Q^4 r}{\mu b}}$$

oder die Zugkraft

$$P = \frac{3}{8r} \sqrt[3]{\frac{3\,Q^4 r}{\mu b}}$$

$$P = \tfrac{3}{8} \sqrt[3]{\frac{3\,Q^4}{\mu b r^2}}$$

also wächst hiernach die erforderliche Zugkraft mit der $^4/_3$ Potenz der Belastung, und im umgekehrten Verhältniss mit der Cubikwurzel aus der Felgenbreite b und aus dem Quadrate des Halbmessers.

Ist φ der Coefficient der Zapfenreibung und ρ der Zapfenhalbmesser, so ist in bekannter Weise der desfallsige Antheil an Zugkraft $= \varphi\, Q\, \frac{\rho}{r}$ (wobei von Q eigentlich das Gewicht der Räder abzusetzen), also ist die gesammte Zugkraft durch

$$P_0 = \varphi \frac{\rho}{r} Q + \psi \sqrt[3]{\frac{Q^4}{br^2}}$$

auszudrücken, wenn $\psi = \tfrac{3}{8} \sqrt{\frac{3}{\mu}}$ ist.

Nach dem Morinschen Resultate ist also

$$P_0 = \varphi \frac{\rho}{r} Q + \psi_1 \frac{Q}{r}$$

und nach dem Dupuitschen

$$P_0 = \varphi \frac{\rho}{r} Q + \psi_2 \frac{Q}{\sqrt{r}}.$$

In den praktischen Versuchen über Widerstände der Fuhrwerke auf Strassen, sind indessen die Coefficienten φ und ψ schon in einem Werthe zusammengefasst, wesshalb die Anführung von Zahlenwerthen für jeden einzelnen, zumal solche sehr abweichend sind, kein Interesse hat. Aus allen obigen Formeln gehen übrigens folgende Sätze hervor, welche die Praxis zum Theil bestätigt.

1) Die Zugkraft ist proportional dem Drucke.

2) Es ist vortheilhaft möglichst hohe Räder anzuwenden.

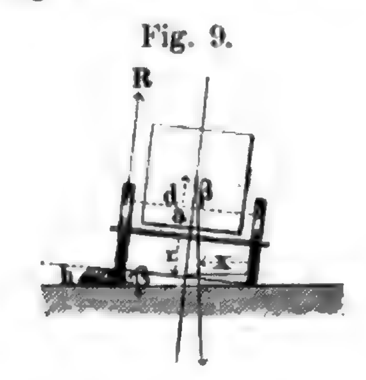
3) Auch ist es für die Zugkraft im Allgemeinen vortheilhaft, breite Felgen anzuwenden, wogegen Dupuit aus seinen Versuchen gefunden haben will, dass die Zugkraft von der Felgenbreite (wie auch von der Geschwindigkeit) unabhängig sei.

Diese abweichenden Resultate sind erklärlich, wenn man berücksichtigt, dass die Versuche unter verschiedenen nicht genau in Vergleichung zu stellenden Umständen stattgefunden haben. Dass indessen auf weichem Boden breite Felgen vortheilhaft sein müssen, und auf harten Bahnen der Einfluss der Breite

mehr verschwindet, ist leicht einzusehen. Allerdings kommt das grössere Eigengewicht der breitfelgigen Wagen als nachtheilig in Frage.

Die Stabilität eines Wagens gegen Umfallen beim Sichschrägstellen ist um so grösser, je niedriger der Schwerpunkt der Last und je grösser die Spurweite ist. Man hat in folgender Fig. 9

Fig. 9.



$$F = \frac{d}{2} \cos \beta - (r + a) \sin \beta$$

als Hebelarm der Last. Ist also

$$\frac{\sin \beta}{\cos \beta} = \text{tang } \beta = \frac{d}{2(a + r)}$$

so ist der Wagen im labilen Gleichgewicht. Kommt dies Schiefstellen durch einen Stoss zu Stande, welcher eine Trägheitskraft R erzeugend angesehen wird, so stürzt der Wagen noch leichter um, denn man hat Gleichgewicht, wenn

$$Rd = Q \left(\frac{d}{2} \cos \beta - (a + r) \sin \beta \right)$$

oder wenn

$$\text{tang } \beta = \frac{d}{2(a + r)} - \frac{Rd}{Q(a + r) \cos \beta}. \quad [1]$$

Morin machte aus den von ihm vorgenommenen Versuchen folgende Schlüsse, welche er als Grundlage einer Gesetzgebung für die zulässige Belastung der Fuhrwerke annehmen zu können glaubt[2]).

Der erforderliche Zug auf Pflaster- oder Steinschlagbahnen ist:

1) sehr nahe proportional dem Gewicht und umgekehrt dem Radius der Räder.

2) Er ist unabhängig von der Anzahl der Räder und fast unabhängig von der Felgenbreite. Auf compressiblem Terrain nimmt er mit der Felgenbreite ab.

3) Auf weichem und compressiblem Terrain, wie z. B. gewachsenem Boden, Sand, Erdbahnen, ist der Widerstand unabhängig von der Geschwindigkeit, sowohl für Wagen mit als ohne Federn.

---

[1]) Weiteres in Weisbach, Ingenieur-Mech. 3. Aufl. II. Abth., pag. 592.

[2]) Expériences sur le tirage des voitures et sur les effets destructeurs, qu'elles exercent sur les routes; par A. Morin. Paris 1842.

4) Im Schritt von $3\frac{1}{2}$ Fuss (1^m) pro Secunde ist auf gutem Pflaster und Steinschlagbahnen der Widerstand derselbe für Wagen mit oder ohne Federn. Von dieser Geschwindigkeit ab wächst der Widerstand nahezu proportional mit der Zunahme der Geschwindigkeit, die Zunahme des Zuges ist aber um so geringer, je weniger steif der Wagen, je besser die Federn und je glatter die Strasse ist.

5) Auf einem guten und dichten Pflaster ist der Widerstand im Schritt nur $\frac{3}{4}$ von dem der besten Steinschlagbahnen, und im Trab ist bei gut aufgehängten Wagen der Widerstand auf dem Pflaster gleich dem auf einer guten Steinschlagbahn. Auf schlechtem und mittelmässig unterhaltenem Pflaster mit grossen Fugen ist er im Trab (12,000 bis $13{,}000^m$ pr. Stunde) grösser, als auf guten Steinschlagbahnen.

6) Die Neigung des Zuges, welche dem Maximum des Nutzeffects entspricht, muss im Allgemeinen mit dem Widerstande des Bodens wachsen, und um so grösser sein, je kleiner die Vorderräder sind. Auf gewöhnlichen Strassen führt dies dahin, dass man sich der horizontalen Richtung, so viel es die Construction des Fuhrwerks erlaubt, möglichst nähert [1]).

7) Es ist nicht richtig, die Belastung proportional der Felgenbreite wachsen zu lassen; in diesem Falle ruiniren die breiten Felgen die Strassen mehr, als die schmalen (und zwar weil die breiten Felgen nach längerem Gebrauch convex werden, auch die Bahn nicht ganz eben ist).

8) Bei gleicher Belastung ruiniren die $0^m{,}06$ breiten Felgen die Steinschlagbahnen mehr, als die $0^m{,}115$ bis $0^m{,}175$ breiten Felgen, unter letzten beiden Dimensionen ist wenig Unterschied. Im Interesse der Erhaltung der Strassen braucht man daher nicht Felgen über $0^m{,}12$ breit anzuwenden.

9) Wagen mit Federn, im Trab von 12,000 — $13{,}000^m$ pr. Stunde, greifen die Strassen weniger an, als Wagen ohne Federn im Schritt.

Die Resultate der Versuche finden sich ausser in dem citirten Werke, auch in Morin, Aide mémoire de mécanique pratique; Tabelle pag. 340 etc., worauf hier verwiesen wird, und welche das Verhältniss des Zuges zum ganzen Gewicht (dasjenige des Fuhrwerks inbegriffen) für Strassen von verschiedener Beschaffenheit giebt. Man findet z. B. danach die erforderliche Zugkraft einer Diligence der Messageries générales, welche 4400 Kil. wiegt, bei starkem Trabe auf einem Pflaster von Sandstein von Fontainebleau $\frac{4400}{32{,}7} = 134{,}5$ Kil., also für jedes der gewöhnlich vorgespannten 5 Pferde 26,9 Kil. und den Widerstand der-

[1]) Cavalli, Zugkraft der Pferde und über die Richtung der Zugstränge im Notizblatt des Hannov. Archit.- u. Ing.-Vereins. III. $18^{53}/_{54}$, pag. 559, auch Wiegrebe, über die beste Richtung der Zugstränge und über elastische Ortscheiden. Dingler, polyt. Journal. Band 17, pag. 196.

selben Wagen auf einer Steinschlagstrasse, abgenutzt, mit Spurgleisen voll Koth, bei starkem Trabe $\frac{4400}{14,9} = 295,3$ Kil., wesshalb jedes der anzuspannenden 6 Pferde 49,2 Kil. Zugkraft ausüben muss.

Mac Neil (Rudiments of the art of constructing and repairing roads by H. Law) giebt folgende Regel. Sei R die erforderliche Kraft, um das Fuhrwerk zu bewegen, W das Gewicht des Fuhrwerks, ω das der Last, alles in Pfunden, v die Geschwindigkeit in Fussen per Secunde, und c eine von der Beschaffenheit der Bahn abhängige Constante, deren Werth wie folgt:

Auf Holzbahn .... c = 2
Auf Pflasterbahn .... c = 2
Auf gut gemachter Steinschlagbahn, rein und trocken c = 5
Desgl. bedeckt mit Staub .... c = 8
Desgl. feucht und sehr schmutzig .... c = 10
Desgl. Kies oder Feuerstein (Flint) Weg rein u. trocken c = 13
Desgl. feucht und schmutzig .... c = 32

Für einen gewöhnlichen Wagen (common stage wagon) ist

$$R = \frac{W + \omega}{93} + \frac{\omega}{40} + c\,v$$

und für einen in Federn hängenden Wagen (stage coach)

$$R = \frac{W + \omega}{100} + \frac{\omega}{40} + c\,v$$

z. B. eine stage coach 2060 Pfd. schwer mit 1100 Pfd. Ladung zu bewegen, über Steinschlagbahn mit Staub (dust) bedeckt, mit 9 Fuss Geschwindigkeit per Secunde

$$\frac{2060 + 1100}{100} + \frac{1100}{40} + 8 \cdot 9 = 131 \text{ ℔}$$

als erforderliche Zugkraft.

Bevan[1]) hat folgende Zugkräfte ermittelt, das Gewicht des Wagens = 1000 gesetzt.

Art der Strasse.	Zugkraft.	Widerst.-Coefficient
Loser Sand	204	$^1/_5$
Neu beschüttete Chaussee	143	$^1/_7$
Gewöhnlicher Nebenweg	106	$^1/_9 - ^1/_{10}$
Harter fester Lehm	53	$^1/_{19}$
Trockner, harter Wiesengrund	40	$^1/_{25}$
Etwas kothige Chaussee	$34^1/_2$	$^1/_{29}$
Chaussee, frei von Schutt und Koth	$30^1/_2$	$^1/_{33}$

[1]) Steenstrup, Anlage und Unterhaltung der Landstrassen. 1843. pag. 39.

Nach **Gordon** hat man zur Fortbewegung einer Tonne oder 20 Centner engl. Gewicht (2240 Pfd. engl.) die Zugkraft bei gleicher Geschwindigkeit auf verschiedenen horizontalen Strassen wie folgt:

Art der Strasse.	Zugkraft.	Widerst.-Coefficient.
	Pfund av. d. p.	
Auf einer schlechten Stein- oder Kies-Chaussee.......	140	1/14
Auf einer vorzüglichen Steinstrasse nach Mac Adam oder Telford, aus kleinen Steinen bestehend, oder nach Mac Neil mit cementirtem Fundamente, nie weniger als..	43	1/46
Auf einem guten Londoner Steinpflaster von behauenen Steinen..	32	1/62,5
Auf einer Patentstrasse von Bitumen..	15	1/133
Auf Granitblöcken für die Wagenräder, nach der Construction von James Walker.......................	12	1/166
Auf einer Kanteneisenbahn..........................	10	1/200

Schwilgué findet aus einer grossen Anzahl Angaben und Thatsachen, dass sowohl für Lastwagen als Diligencen die nützliche Wirkung der Kraft des Pferdes auf der gepflasterten und macadamisirten Bahn zwischen Rouen und Paris sich wie 3 : 2 verhält.

Nach **Bokelberg** kann man setzen: [1])

Auf den besten Steinbahnen . . . . $\frac{1}{75}$
Auf guten „ . . . . $\frac{1}{50}$
Auf schlechten „ . . . . $\frac{1}{25}$
Auf ebenen, festen, trocknen Erdwegen . . . . $\frac{1}{20}$
Auf schlechten „ . . . . $\frac{1}{15}$
Auf den schlechtesten „ . . . . $\frac{1}{5}$

Die erstere Zahl ist jedenfalls als Grenzwerth, welcher nur unter den günstigsten Umständen erreicht wird, zu betrachten.

Was die bereits erwähnte Breite der Felgen anbetrifft, so hat sich die Wegegesetzgebung vielfach damit beschäftigt, ein bestimmtes Verhältniss der Felgenbreite zum Ladungsgewicht festzustellen, um die Strasse keinem grössern, als einem für zulässig gehaltenen Drucke auszusetzen. Doch sind die ursprünglichen Ansichten über die Nützlichkeit der breiten Felgen auf befestigten Strassen sehr schwankend geworden, und man scheint ziemlich übereinstimmend der An-

---

[1]) Beziehung zwischen Ansteigung der Strassen und Nutzleistung der Zugthiere. Zeitschr. des Hannov. Architecten- nnd Ingenieur-Vereins. Bd. II. 1856.

sicht, dass über eine gewisse Breite der Felgen hinaus die Vertheilung des Druckes nicht mehr proportional der Felgenbreite stattfindet, da letztere durch Abnutzung bald convex werden. Die konischen Felgen werden bei Lastwagen immer mehr abgeschafft.

Indessen hat ein betreffendes Gesetz seine grossen Schwierigkeiten, denn während den Interessen der Transport-Industrie nicht dadurch, dass man für die Strasse sorgen will, zu nahe getreten werden darf, ist auch die Handhabung in vielen Fällen schwierig, umständlich und oft nicht durchführbar. Man neigt sich daher immer mehr der Ansicht zu, dass die Begrenzung des Gewichts der Wagen für die Bahn nicht von so grosser Wichtigkeit ist, wie man bisher geglaubt hat, und bemüht sich, das beste Material, wenn auch zu hohen Preisen, für die Oberfläche der Strasse zu verwenden, um einschränkende Vorschriften über Felgenbreite möglichst entbehren zu können. Genau genommen ist auch die zulässige Belastung für jedes andere Strassen-Material eine andere.

Die Erfahrung lehrt z. B., dass selbst die macadamisirten Strassen in London, obgleich die Frequenz hier sehr gross und auch mit schweren Lasten, doch in einem guten Stande gehalten werden können.

Im Jahre 1833 hatte z. B. eine beladene Diligence ein Gewicht von 3 Tonnen (3000 Kil.) und die Räder hatten eine Breite von $1^3/_4''$ (4,1 Centim.) aber die Felgen waren convex und ruhten eigentlich nur mit $1''$ oder selbst $^1/_2''$ (2,54 und 1,27 Centim.) auf, es kommen also 295 bis 590 Kil. auf eine 1 Centimeter breite Zone. Mac Adam erklärte (1833), dass die Convexität der Räder an den 3000 Kil. wiegenden Diligencen so gross sei, dass die Berührungsfläche der Radfelgen selbst nur $^1/_4''$ (7 Mill.) betrüge, wodurch eine Zone über 1070 Kil. zu tragen habe. Nach Dumas konnte man es an einer nur 10 Centim. dicken und nicht völlig festen Bahn freilich kaum bemerken, als eine Karre mit 16 Centim. breiten Felgen, mit 15000 Kil. geladen und von 33 Pferden gezogen, auf 1000^m Länge sie passirt hatte, indessen entscheidet dies nicht, da die Zerstörung, welche ein einzelner schwerer Wagen anrichtet, nicht sogleich bemerkbar ist, weil das Material der Bahn vorläufig zerknittert und erst unter den fernerweit darüber hingehenden Lasten zerdrückt wird.

Nach dem Gesetz vom 19. Juli 1823 dürfen die Wagen in England die in der folgenden Tabelle angeführten Gewichte haben, für Mehr wird Uebergewicht bezahlt.

Art der Wagen.	Erlaubtes Gewicht.	
	Sommer 1. Mai bis 31. Oct.	Winter 1. Nov. bis 30. April.
Ein 4rädriger Wagen mit 9" breiten Felgen..	6 Tons 10 Ctr.	6 Tons 0 Ctr.
Ein 2rädriger Wagen mit ähnlichen Felgen...	3 „ 10 „	3 „ 0 „
Ein 4rädriger Wagen mit Felgen zwischen 9" und 6" Breite..........................	4 „ 15 „	4 „ 5 „
Ein 2rädriger Wagen mit ähnlichen Felgen...	3 „ 0 „	2 „ 15 „
Ein 4rädriger Wagen mit 6" bis 4½" Felgen.	4 „ 5 „	3 „ 15 „
Ein 2rädriger Wagen mit ähnlichen Felgen...	2 „ 12 „	2 „ 7 „
Ein 4rädr. Wagen mit weniger als 4½" Felgen.	3 „ 15 „	3 „ 5 „
Ein 2rädriger Wagen mit ähnlichen Felgen...	1 „ 15 „	1 „ 10 „
Ein 4rädr. Wagen zum Transport von Kaufmannsgütern und mit Federn versehen.....	4 „ 5 „	3 „ 15 „

In Frankreich hat die Gesetzgebung ebenfalls viele Versuche gemacht, sowohl die Stärke der Bespannung im Sommer und Winter, als auch die Felgenbreite festzustellen, indessen erlitten die Vorschriften häufige Aenderungen. Im Jahre 1837 wurde auf das Gutachten einer Commission für zweckmässig erkannt, das Gewicht der Wagen in einem geringeren Verhältnisse, als die Breite der Felgen zunehmen zu lassen, denn die Wölbung der Bahn, die convexe Form der Felgen, und die Unebenheiten der Strasse lassen letztere nie in ihrer ganzen Breite aufruhen. Was die Grenze anbetrifft, wo die Wagen anfangen die Bahn zu beschädigen und bis zu welcher man gehen dürfe, so sei diese nicht über 100 Kil. pro Centim. Zone und zwar für den Sommer wohl 120 Kil. zu setzen; man nahm indessen 145 Kil. als Basis an [1]). Auf den Durchmesser der Räder und die gleichmässige Verpackung wurde keine Rücksicht genommen. Die Belastung für Wagen ohne Federn im Schritt variirte in dem desfallsigen Gesetz vom 15. Februar 1837, von 123 Kil. (Winter) bis 145 Kil. (Sommer) für Karren mit 2 Rädern, und von 100 bis 120 Kil. für Wagen mit 4 Rädern (wahrscheinlich wegen der oft ungleichen Belastung). Für Diligencen, Messagerien und andere öffentliche Wagen zum Transport von Reisenden oder Handelswaaren mit 4 Rädern, auf metallenen Federn ruhend und im Trab 90 Kil. (Winter) bis 100 Kil. pro Centim. Zone.

Durch eine Bestimmung vom 4. Februar 1839 wurden mehrere Strassen- und Brücken-Ingenieure mit der Prüfung der von Morin und Dupuit gemachten

[1]) Indessen sollte man die Beschaffenheit des Strassen-Materials dabei berücksichtigen.

Untersuchungen beauftragt. Emmery [1]) hat einen interessanten Rapport erstattet, der im Wesentlichen das Folgende enthält.

1) Die breiten Felgen sind verwerflich, die schmalen Felgen aber, sobald die Ladung in einem passenden Verhältnisse zur Breite der Felgen verringert wird, am wenigsten nachtheilig für die Bahn.

2) Je grösser der Durchmesser der Räder, um so weniger leidet die Bahn, wegen der grösseren Berührungsfläche der Räder, welche die Materialien eher comprimiren, als deplaciren. Bei gleicher Felgenbreite erlauben die grösseren Räder auch grössere Ladung als die kleinen.

3) Durch einen mit Federn versehenen Wagen im Trab wird die Bahn nicht mehr beschädigt als durch Wagen ohne Federn im Schritt.

Es werden daraus folgende Schlüsse gezogen:

a. Die $0^m,_{17}$ breitfelgigen Räder sind nicht zuzulassen, und die Maximalbreite darf $0^m,_{12}$, die Minimalbreite $0^m,_{06}$ sein.

b. Es müssen Prämien ausgesetzt werden, die je nach der Grösse der Räder steigen, und es werden folgende 4 Classen von Rädern vorgeschlagen:

	Meter.	Meter.	Meter.	Meter.
kleine Räder	1,00	1,167	1,33	1,50
grosse Räder....	1,667	1,883	2,00	2,155

c. Der Weggeldtarif ist auf eine doppelte Proportionalität, nämlich im Verhältniss des Diameters der Räder und der Breite der Felgen, zu basiren.

d. Als vergleichende Zone hat man einen 1 Centim. breiten Rand, und als Einheit der Ladung 125 Kil. per Zone angenommen, was auch in der schlechteren Jahreszeit für nicht zu viel gehalten wurde.

e. Frachtwagen ohne Federn im Trab sind für die Strassen sehr nachtheilig (auch leiden die Wagen selbst).

Nach diesen Grundsätzen sind neue Tarife bearbeitet [2]). Für zweckmässig hielt man eine Vertheilung der Last auf mehrere kleine Wagen, wie z. B. die 4rädrigen burgundischen Wagen (chariots comtois), die bei 5 bis 6 Centim. breiten Felgen nur mit einem Pferde bespannt sind, und wo oft 5 Wagen von einem Führer bedient werden, was für die Strassenbau-Unterhaltung allerdings sehr günstig, aber nicht durchführbar ist. In anderen Ländern sind ebenfalls Vorschriften über Belastung und Felgenbreite vorhanden. Z. B. darf in Schleswig-Holstein bei 6" Radfelgen ein 4rädriges Fuhrwerk im Sommer 12774 Pfund, im Winter 10645 Pfund laden [3]). In Oesterreich findet man viele schmale Felgen,

---

[1]) Recherches sur les principes, qui paraissent devoir former la base d'une nouvelle législation pour la police de roulage par Emmery. Ann. d. ponts et chauss. 1841. 2. sem. pag. 257.

[2]) Steenstrup pag. 337.

[3]) Hannover siehe unten.

weil viele Landwege noch vorhanden, in denen die Gleise so tief und schmal sind, dass man nur mit Wagen von ganz gleicher Spurweite und schmalen Radfelgen fortkommen kann.

Ueber das Gewicht der Wagen noch folgende Notizen.

In Frankreich variirt das mittlere Gewicht der wichtigsten Theile der zweirädrigen Frachtwagen je nach der Felgenbreite wie folgt:

Felgenbreite.	Die 2 Räder.	Die Achse.	Das Obergestell.	Ganzes Gewicht.
Karren von	Kilogramm.			
8 Centim. Felgenbreite	240	60	200	500
11 " "	510	90	300	900
14 " "	680	120	400	1200
17 " "	850	150	500	1500
25 " "	1210	190	800	2200

Das mittlere Gesammtgewicht der vierrädrigen Frachtwagen beträgt:

Bei einem einspänn. Wagen (chariot comtois) 350 Kil.

Bei 11 Centim. Felgenbreite 1500 "

Bei 14 " " 2000 "

Bei 17 " " 2500 "

Bei 22 " " 3400 "

und nach Berthault-Ducreux übersteigt die stärkste Ladung der Karren nie 210 bis 220 Kil. per Zone und der 4rädrigen Wagen nie 100 bis 120 Kil. per Zone.

Die Frachtfuhrwerke in den Rheingegenden wiegen bis 200 Centner, wenn sie geladen sind.

In Holstein und Schleswig wird das Gewicht eines leeren Frachtwagens auf den Chausseen, nach der Wegeordnung vom 1. März 1842 §. 92, mit Einschluss allen Zubehörs, als Leinwand, Stroh, Ketten und Winden:

a. Bei vierrädrigem Fuhrwerk mit einer Felgenbreite von unter 5" zu 4000 Pfd.

von 5 bis 6" zu 4500 "

von 6" und darüber zu 5000 "

und bei zweirädrigem Fuhrwerk zur Hälfte dieser Sätze gerechnet.

In England wiegen die Diligencen (stage coaches) der leere Wagen 1000 Kil.

Die Reisenden, Waaren etc. .... 2000 "

3000 Kil.

Die Ladung ist hier $\frac{2}{3}$ des Gewichts, welches günstige Verhältniss nur selten erreicht wird, indessen, wie die Strassen sich verbessern, können die Wagen leichter construirt werden. Nach den Modellen von 1841 war das Gewicht

von den grossen 11 Centim. breitfelgigen Messagerie-Wagen für 16 Reisende (3 im Coupé, 6 im Innern, 4 in der Rotonde, 3 auf der Impériale) wie folgt:

Beschlagenes Wagengestell ohne Räder	235,0	Kil.
Der Vorderwagen	120,0	„
Wagendeichsel mit Zubehör	48,50	„
Hemmschuh und Hemmkette	85,0	„
Zwei hintere Räder	240,0	„
Zwei vordere Räder	190,0	„
Beschlagener Kasten ohne Garnitur	990,0	„
Innere Garnitur des Kastens	81,50	„
Sitze mit Garnitur, Regenschirm und Decke üb. dem Kasten	125,50	„
Das complete Takelwerk	44,50	„
Summa Gewicht des Wagens für 16 Reisende.	2160	Kilogramm.

Die Belastung ist wie folgt:

In den 3 Abtheil. des Kastens 13 Reisen à 75 Kil.		975	1125
In den Koffern 3 Geldbeutel à 10000 Frcs.		150	
Auf der Impériale: der Conducteur, Postillon u. 3 Reisende		375	1325
Ladung	Bagage 30 Kil. per Reisenden	480	
	In Waaren	470	
		Summa Ladung..	2450

Zusammen 4610 Kilogramm.

Nach dem preussischen Reglement vom 24. April 1838 durften die Extraposten, ohne Unterschied der Wagenspur, auf den chaussirten Strassen folgende Gewichte der Ladung im Verhältniss der Pferdezahl haben:

	Pferdezahl.	Gewicht der Ladung. Pfund.
Leichte, offene, oder mit einem Leinwandverdecke versehene, auf der Achse ruhende Kaleschen, Kaleschen mit bedeckten Einschnallstühlen, auch hinten in Federn hängende Chaisen	2	bis 800
	3	800 – 1200
	4	1200 – 1600
Chaisen, die hinten und vorn in Federn hängen, oder auf Druckfedern ruhen, auch leichte zweisitzige Batards	2	bis 600
	3	üb. 600 – 900
	4	üb. 900 – 1200
	5	üb. 1200 – 1500
Kutschen mit ganzem, festen Verdeck, auch Landauer	3	bis 600
	4	üb. 600 – 1000
	5	üb. 1000 – 1400
	6	üb. 1400 – 1800
	7	üb. 1800 – 2200
	8	üb. 2200 – 2600

Bei Ermittelung des Gewichts der Ladung, Personen über 16 Jahr = 150 ℔, 13 — 16 Jahr = 100 ℔, 5 — 12 Jahr = 50 ℔, 1 oder 2 Kinder unter 5 Jahr nicht gerechnet, 3 oder 4 Kinder unter 5 Jahr zu 100 ℔.

Nach Bokelberg hat man folgende Tabelle der Mittelwerthe des Drucks, welchen jedes Rad der nachstehend angeführten 4rädrigen Fuhrwerke im ruhenden Zustande auf seine Unterlage ausübt [1]).

1)	Einspänniges, unbeladenes, leicht gebautes Landfuhrwerk	200	Pfund
2)	Einspännige leere Kutschen	200-250	"
3)	Zweispänniges, leeres, leichtes Land- und Reisefuhrwerk	300	"
4)	Einspänniges, leeres Lastfuhrwerk	350	"
5)	Zweispänniges, leeres Reise- und Landfuhrwerk starker Bauart, leere Posten und einspännige, schwer beladene Kutschen	450	"
6)	Vierspänniges, leeres Landfuhrwerk starker Bauart, leerer Omnibus; zweispänniges, leeres Lastfuhrwerk; einspänniges, beladenes, leichtes Landfuhrwerk	600	"
7)	Vierspänniges, leeres Lastfuhrwerk mit schmalen Radfelgen; einspänniges, beladenes Landfuhrwerk starker Bauart; zwei- und dreispännige, beladene Post- und Reisewagen	800	"
8)	Zwei- und dreispänniges, leeres Frachtfuhrwerk mit 4 Zoll breiten Rädern	1000	"
9)	Einspänniges, beladenes Lastfuhrwerk mit schmalen Rädern	1200	"
10)	Einspänniges, beladenes Frachtfuhrwerk; vierspänniges, leeres Frachtfuhrwerk mit breiten Rädern	1400	"
11)	Zweispänniges, beladenes Landfuhrwerk stärkerer Gattung	1700	"
12)	Zweispänniges, beladenes Lastfuhrwerk, mit schmalen Rädern	2400	"
13)	Zweispänniges, beladenes Frachtfuhrwerk, mit schmalen Rädern	2700	"
14)	Zweispänniges, beladenes Frachtfuhrwerk, mit 4 Zoll breiten Rädern	3000	"
15)	Zweispänniges, schwer beladenes Frachtfuhrwerk, mit 6" breiten Rädern	3400	"
16)	Ein Fuhrwerk mit der höchsten gesetzlich zulässigen Ladung und mit Rädern von weniger als 6" Breite	3575	"
17)	Ein desgl. mit 6 bis 8" breiten Rädern	3850	"
18)	Ein desgl. mit 8 bis 10" breiten Rädern	4125	"

---

[1]) Auch in Techn. Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststrassen in Hannover. 1860.

19) Ein desgl. mit 10" breiten Rädern .... 4400 Pfund
20) Ueberladene Frachtwagen mit 6" breiten Rädern in wirklich vorgekommenen Fällen .... 6500-10000 „
21) Transportwagen mit einer leichten Locomotive beladen, etwa .... 12000 „
22) Desgl. mit einer schwereren Locomotive beladen, etwa .. 16000 „

Folgende Tabelle, ebenfalls von Bokelberg, giebt etwas übersichtlicher das durchschnittliche Gewicht der unbeladenen Wagen [1]).

A. Leichtes Landfuhrwerk.

Einspänner	8	Centner
Zweispänner	12	„
Vierspänner	16	„

B. Schweres Landfuhrwerk.

Zweispänner	18	Centner
Vierspänner	24	„

C. Gewöhnliches Lastfuhrwerk.

Einspänniges	14	Centner
Zweispänniges	25	„
Dreispänniges	28	„
Vierspänniges	32	„

D. Frachtfuhrwerk mit 4" — 6" Felgen.

Zweispänner	40	Centner
Dreispänner	50	„
Vierspänner	60	„
Mehrspänner	70	„

E. Postwagen.

Zwei- und dreispännige	18	Centner
Vierspännige für 9 Personen	35	„

F. Kutschen.

Einspännige, leichte	10	Centner
Zweispännige, leichte	14	„
Desgl., schwere	18	„
Englische Stage coach	24	„
Omnibus, leichter	24	„
Franz. Messagerie-Wagen für 16 Reisende	45	„

Die Nutzladung pro Pferd nimmt bei der wachsenden Kopfzahl der Bespannung des Frachtfuhrwerks, unter übrigens gleichen Umständen, ungefähr folgendermassen ab:

[1]) Zeitschrift des hann. Arch. und Ing.-Vereins. Band 1. 1855. pag. 74.

einspännig	45	Centner
zweispännig	44	„
dreispännig	39	„
vierspännig	36	„
fünfspännig	33	„
sechsspännig	29	„
siebenspännig	25	„
achtspännig	22	„

welche Verhältnisszahlen jedoch nur durchschnittliche Mittelzahlen sind.

Capitel II.

Von den Leistungen der Zugthiere.

1) Maschek'sche Kraftformel.

Die mechanische Arbeit bei Leistungen thierischer Motoren (beim Ziehen) kommt dadurch zu Stande, dass irgend ein Widerstand mit einer bestimmten Zugkraft und Geschwindigkeit und während einer gewissen Zeit, also auf einer gewissen Strecke, überwunden wird. Diese drei Factoren sind bei jedem thierischen Motor z. B. bei dem Pferde, je nach der Race, Beschaffenheit, Muskelstärke und besonders nach dem Gewicht, der gewohnten Arbeit, der Fütterung, dem Alter, nach der Art der Arbeit und nach sonstigen Umständen, z. B. den zwischen der Arbeit liegenden Pausen, sehr verschieden, indessen wird es bei jedem einen bestimmten Werth jedes der drei Factoren geben, welcher die mechanische Arbeit zu einem Maximum werden lässt, weil man das Thier dann seiner Natur am entsprechendsten arbeiten lässt. Hieraus folgt auch, dass die Vermehrung der Geschwindigkeit eine Verminderung entweder der Kraft oder der Arbeitszeit, oder auch beider; die Vermehrung der Zugkraft eine Verminderung der Geschwindigkeit oder Arbeitszeit, oder beider u. s. w. im Gefolge haben muss, falls nicht auf die Dauer die normale Leistungsfähigkeit durch Ueberarbeitung gefährdet sein, und die normale Zeitdauer der Brauchbarkeit des Thieres herabgezogen werden soll; immer aber wird durch eine Abweichung von den mittleren oder Normal-Werthen die Maximalleistung überhaupt herabgezogen, wie sich auch theoretisch zeigen lässt.

Hat das Thier bei der

mittleren Geschw. c	während der mittleren Zeit t	die mittlere Zugkraft k
und die Geschwindigkeit wird $c \pm nc = v$	die Zeit bleibt t	so ist dann nach Obigem die Kraft $k \mp nk$
bleibt die Geschwindigkeit c	die Zeit wird aber $t \pm mt = z$	so ist dann die Kraft $k \mp mk$
ist $c \pm nc = v$	$t \pm mt = z$	so ist dann $k \mp nk \mp mk = K$.

Diesen Werth für K kann man auch schreiben

$$K = k + (\mp nk) + (\mp mk) = k \left[(1 + (\mp n) + (\mp m) \right]$$

und man findet, wenn man für die oberen Zeichen entwickelt, aus

$$c + nc = v;\ n = \frac{v - c}{c}$$

$$\text{aus } t + mt = z;\ m = \frac{z - t}{t}$$

und diese Werthe substituirt und die Zeichen beachtet:

$$K = k \left(1 + \frac{c - v}{c} + \frac{t - z}{t}\right)$$

und reducirt, die zu benutzende Hauptformel

$$\text{I) } K = k \left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right)$$

unter dem Namen der Maschek'schen [1]) Kraftformel bekannt.

Es sind noch anders gebaute Kraftformeln von Bouguer, Gerstner und Euler bekannt [2]), indessen lässt sich mit der vorstehenden bequem rechnen, und sie giebt mit der Praxis gut stimmende Resultate, wesshalb sie hier beibehalten werden mag.

Um zu zeigen, dass für die mittleren Werthe der Factoren die mechanische Arbeit ein Maximum wird, hat man allgemein die mechanische Leistung:

$$L = K v z$$

$$\text{oder } L = k \left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right) v z = 3 k v z - \frac{k v^2 z}{c} - \frac{k v z^2}{t}$$

---

1) Maschek. Theorie der menschlichen und thierischen Kräfte. Prag, 1842

2) Weisbach. Ingenieur-Mechanik. 3. Auflage. 2. Theil, pag. 288. Annales des ponts et chauss. 1836 complicirter Ausdruck für Leistung der Pferde von Fourier; s. auch Crelles Journal für Baukunst. Band XII 1838.

Zuerst die Geschwindigkeit als veränderlich gedacht, ist das 1. Diff. Verhältniss

$$\frac{dL}{dv} = \frac{df(v)}{dv} = 3kz - \frac{2kvz}{c} - \frac{kz^2}{t} = o$$

$$\text{und daraus } v = \frac{3ct - cz}{2t};$$

eben so die Zeit als veränderlich:

$$\frac{dL}{dz} = \frac{df(z)}{dz} = 3kv - \frac{kv^2}{c} - \frac{2kvz}{t} = o$$

$$\text{also } z = \frac{3ct - vt}{2c};$$

diesen Werth in den für v gefundenen gesetzt, erhält man $v = c$;
und diesen Werth in den für z gesetzt:

$$z = t; \text{ mithin Max. } L = kct.$$

2) Discussion dieser Kraftformel und Beispiele.

Setzt man für ein Frachtpferd beispielsweise $c = 4$ Fuss pro Secunde, $t = 8$ Stunden pro Tag und $k = 150$, so hat man in Zahlen also

$$K = 150\,(3 - v/_4 - z/_8)$$

Dann ist die mechanische Arbeit des Pferdes pro Secunde $= 150 . 4 = 600$ Fuss-℔ und pro Minute $= 36000$ Fuss-℔, pro Tag $= 8 . 60 . 36000 = 17{,}280{,}000$ Fuss-℔, als die normale Tagesarbeit bei normaler Anstrengung, welche wir später durch den Ausdruck „Pferdetag" bezeichnet haben.

Für schwächere Pferde kann der Werth k von 150 bis 100 herabsinken.

1) Für $v = o$ und $z = o$ hat man $K = 3 . 150 = 450$ ℔ als mittlere Zugkraft des Pferdes beim Anziehen, welche sich indessen bei vergrösserter Anstrengung und bei sehr starken Thieren auf 640 bis selbst 1070 ℔ soll vergrössern können.

2) Für $K = o$ und $z = o$ erhält man

$$o = 150\,(3 - v/_4) \text{ und hieraus } v = 12 \text{ Fuss}$$

als Maximum der Geschwindigkeit, welches ein Frachtpferd auf eine sehr kurze Zeit entwickeln könnte. Wenn diese Zahl mit der Erfahrung eben so wenig als die sub 1 entwickelte passt, so rührt dies daher, dass je nach Uebung und Gewohnheit und nahe den Grenzwerthen grosse Abweichungen vorkommen können, und dass die Formel nur für gewöhnliche Verhältnisse passt. Man müsste also für Rennpferde, Postpferde etc. andere Zahlenwerthe der k, c und t einführen, als für Frachtpferde.

3) Für $K = o$ und $z = 8$ Stunden erhält man

$$o = 2 - v/_4 \text{ also } v = 8,$$

d. h. ein Frachtpferd würde während 8 Stunden mit 8 Fuss Geschwindigkeit leer laufend die Anstrengung einer Tagesarbeit erleiden.

4) Würde es z. B. nur 2 Stunden leer laufen, sind also K = o und z = 2, so würde man haben

$$o = 3 - v/_4 - {}^2/_8 \text{ also } v = 11,$$

d. h. mit 11 Fuss Geschwindigkeit während 2 Stunden laufend, würde der Anstrengung einer Tagesarbeit entsprechen.

5) Wird v kleiner, z. B. = 1 Fuss, so hat man, wenn z = 8,

$$K = 150\ (2 - {}^1/_4) = 262{,}5\ ℔,$$

auf welche Zugkraft sich also die gewöhnliche Zugkraft von 150 ℔ bei Verringerung der Geschwindigkeit vermehrt.

Die mechanische Leistung ist dann pro Secunde nur 262,5 Fuss-℔ und pro Tag 262,5 . 3600 . 8 = 7,560,000 Fuss-℔.

6) Gesetzt, das Pferd solle 350 ℔ mit 1 Fuss Geschwindigkeit ziehen. Wie lange kann es dies bei normaler Anstrengung aushalten? Man hat

$$350 = 150\ (3 - {}^1/_4 - z/_8) \text{ und hieraus}$$

$$z = \frac{62{,}5\ .\ 8}{150} = 3{,}33 \text{ Stunden.}$$

Die Leistung, welche das Pferd dann entwickelt, ist also nur 350 Fuss-℔ pro Secunde oder 4,200,000 Fuss-℔ pro Tag.

7) Soll es 350 ℔ während einer Stunde täglich ziehen, so ist die Geschwindigkeit zu finden aus

$$350 = 150\ (3 - v/_4 - {}^1/_8)$$

zu v = 2,17 Fuss und die Leistung pro Secunde ist = 2,17 . 350 = 759,50 Fuss-℔, pro Tag = 759,5 . 3600 = 2,734,200 Fuss-℔.

8) Soll es 150 ℔ mit 6 Fuss Geschwindigkeit ziehen, so ist die Zeit zu finden aus

$$150 = 150\ (3 - {}^6/_4 - z/_8)$$

zu z = 4 Stunden.

Die Leistung pro Secunde ist dann 6 . 150 = 900 Fuss-℔ und pro Tag = 900 . 3600 . 4 = 12,960,000 Fuss-℔.

Aus den beiden Fällen sub 7 und 8 ersieht man, dass man die Leistung des Pferdes pro Zeiteinheit (also z. B. Secunde) über die normale bringen kann, dass aber die tägliche Leistung bei anderen Werthen als den Mittelwerthen immer kleiner als bei letzteren ausfällt.

Die Verringerung der mechanischen Arbeit pro Tag bei von den mittleren Werthen abweichenden kann man sich am besten durch eine graphische Darstellung anschaulich machen.

Brauchbarkeit der Kraftformel.

Die angegebene Formel giebt K = o für v = 12, während Pferde mit grösserer Geschwindigkeit noch erhebliche Lasten auf kurze Zeit ziehen. Man darf sie daher nur innerhalb enger Grenzen gebrauchen und wird für Pferde

mit grosser Geschwindigkeit andere Zahlen nehmen müssen, welche die Maximalleistung für so gewöhnte Thiere ergeben. Indessen zeigen diese Formeln wenig Uebereinstimmung; man wird daher praktische Erfahrungen stets daneben halten müssen. Hierzu können die Angaben Boussons, welche wir weiter unten anführen, gebraucht werden.

Beispiel zu der Kraftformel.

Bousson*) giebt an, dass, als die Eisenbahn von Audrezieux nach Roanne noch mit Pferden betrieben wurde, ein Pferd mit $1^m{,}1 = 3{,}762$ Fuss hann. Geschwindigkeit eine 7400^m lange Steigung mit 3 leeren Wagen à 1400 Kil., oder einen vollen à 4200 Kil. Brutto täglich $2^1/_2$ Mal erstieg und jedes Mal leer zurückging. Die Steigung hatte fast continuirlich $^1/_{100}$ Gefälle, da die zu ersteigende Höhe $68^m{,}70$ betrug. Den Widerstands-Coefficienten der Bahn konnte man nach Beschaffenheit und Schmierung der Wagen und wegen der Curven zu $0{,}0055$ annehmen.

Die tägliche Arbeit des Pferdes beim Aufsteigen ist also gewesen, wenn man sein Gewicht zu 400 Kil. setzt

$$2{,}5 \,.\, 4200\,(0{,}0055 \,.\, 7400 + 68^m{,}70) = 1{,}138{,}200 \text{ Meterkil.}$$

und für das Heben des eigenen Gewichtes

$$400 \,.\, 68{,}70 = 27480 \text{ Meterkil.}$$

$$\text{Zusammen} \,..\, 1{,}165{,}680 \text{ Meterkil.} = 7{,}973{,}251 \text{ Fuss-℔ hann.}$$

Die Zeit des Aufsteigers hat betragen:

$$\frac{2{,}5 \,.\, 7400}{1{,}1} = 16818 \text{ Sec.} = 4{,}67 \text{ Stunden.}$$

Die Zugkraft ist $4200 \,.\, 0{,}0155 + 400 \,.\, \frac{1}{100} = 69{,}1$ Kil. setze 138 ℔.

Nehmen wir ein Pferd mittleren Schlages an mit 120 ℔ Zugkraft, so erhalten wir die Zeit eines Tagewerkes für das Aufziehen

aus $138 = 120\,(3 - \frac{3{,}762}{4} - z/_8)$ und hieraus $z = 7{,}28$ Stunden, also entsprechen 4,67 Stunden $\frac{4{,}67}{7{,}28} = 0{,}641$ Tagewerken.

Für den leeren Rückzug ist die Zeit eines Tagewerkes aus

$$0 = 120\,(3 - \frac{3{,}762}{4} - z/_8)\; z = 16{,}18 \text{ Stunden,}$$

wenn der Rückgang ebenfalls mit $1^m{,}1$ Geschwindigkeit oder in 4,67 Stunden erfolgte; mithin entspricht die auf das Rückgehen verwendete Arbeit

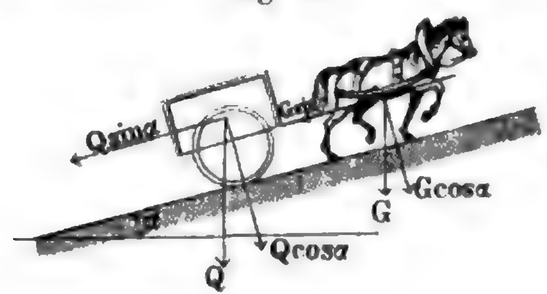
*) Bousson. Sur les résultats pratiques de différents modes de traction et d'exploitation successivement employés sur les anciennes lignes de Rhône et Loire. Ein ausführlicher Artikel mit Angaben von Kosten und Vergleichungen von Pferde- und Locomotivbetrieb auf Eisenbahnen. Annales des ponts et chaus. 1863. 4. sér. 1. sem. p. 314. Aehnliche Angaben von Bousson in derselben Zeitschr. Vol. VII. 2. série.

$\frac{4{,}67}{16{,}48} = 0{,}283$ Tagewerken, also die Gesammtarbeit ist $= 0{,}641 + 0{,}283 = 0{,}924$ Tagewerken gewesen, wesshalb die normale Leistung des Pferdes durch die obige Arbeit nahezu erschöpft wurde.

3) Erforderliche Zugkraft auf geneigten Strassen.

Betrachtet man nun den Fall, wo das Pferd eine geneigte Ebene hinauf steigt, so hat dasselbe, ausser dem Gewicht der Last multiplicirt mit dem Widerstands-Coefficienten, und dem relativen Gewicht derselben, noch sein eigenes Gewicht hinauf zu bringen, welches daher, in der Richtung der Steigung zerlegt, von der Zugkraft abzusetzen sein wird. Bei sehr starken Steigungen würde auch die Verminderung des normal zur Ebene drückenden Gewichts des Pferdes noch zu berücksichtigen sein. Ist Q die zu bewegende Last in Pfunden, μ der Widerstands-Coefficient, aus Versuchen gefunden, und α der Neigungswinkel der Strasse, so ist die erforderliche Zugkraft auf der geneigten Strasse *):

Fig. 10.



$$Z = Q \cos \alpha \, \mu + Q \sin \alpha + G \sin \alpha$$

wenn noch G das Gewicht des Pferdes bedeutet, oder auch

$$\frac{Z}{\cos \alpha} = \mu Q + Q \operatorname{tang} \alpha + G \operatorname{tang} \alpha.$$

Bei einer Neigung von $^1/_5$ ist z. B. $\cos \alpha = 0{,}98$ also kann man für die vorkommenden Fälle genau genug $\cos \alpha = 1$ setzen, daher

$$Z = \mu Q + (Q + G) \operatorname{tang} \alpha$$

und hieraus die mit einer Zugkraft eines Pferdes Z auf der geneigten Ebene zu fördernde Last:

$$1)\ Q = \frac{Z - G \operatorname{tang} \alpha}{\mu + \operatorname{tang} \alpha};$$

substituirt man hierin den für Z gefundenen allgemeinen Werth, so hat man die Zugkraft für n Pferde

$$2)\ Q n = n \frac{\left\{k\left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right) - G \operatorname{tang} \alpha\right\}}{\mu + \operatorname{tang} \alpha}$$

*) Ueber Bewegung der Fuhrwerke auf geneigten Bahnen eine sehr gute Darstellung im Lehrbuch der technischen Mechanik von Dr. A. Ritter. Cap. XIX. Hannover, Rümpler. 1865.

Die mittleren Werthe der k, c und t sind nun nach der Beschaffenheit des Pferdes sehr verschieden. Die vortheilhafteste Geschwindigkeit, oder diejenige, welche das Zugthier, wenn es nicht angetrieben und nicht aufgehalten wird, von selbst annimmt, ist nach Sganzin bei schweren Pferden 2,9[illegible] Fuss engl., bei leichten Pferden 3,66 Fuss pro Secunde bei 10stündiger Arbeit. Nach anderen Angaben ist die vortheilhafteste Geschwindigkeit $3\frac{1}{2}$ Fuss = c, bei 8 Stunden = t und 175 ℔ Zugkraft = k. Folgende Tabelle giebt darüber Erfahrungs-Resultate.

Erfahrungs-Resultate über die tägliche mittlere Leistung eines Pferdes beim Ziehen.

Namen der Beobachter.	Zugkraft oder gehobene Last.	Bei einer Geschwindigkeit oder einem Wege von:	In einem Zeitraume von:	Täglich wirkl. Arbeitszeit in Stunden.	Tägl. Nutzeffect in Meterkilogr.
Nach Hachette (sicher übertrieben)	140 Kil.	8-40 Kilom	1 Tag	8-9	5,460,000
Nach demselben bei Diligencen und Posten	90 Kil.	34-38 Kilom.	1 Tag	..	3,240,000
Nach Weinrich am Pfluge	280 ℔ a. d. p.	3' engl.	1 Sec.	8	3,344,509
Nach Desaguiliers	200 ℔ a. d. p.	220' engl.	1 Min.	8	2,919,984
Ein englisches Zugpferd nach Dupin	90. Kil.	4 Kilom.	1 St.	8	2,880,000
Nach Baaders Versuchen	43000 ℔ a. d. p.	1' engl.	1 Min.	8	2,853,624
Nach Rothe in seiner Mühlenbaukunde	17,280,000	1'	1 Tag	8	2,356,350
Nach Girard, Gengembre, Tournelle	80 Kil.	1 Met.	1 Sec.	8	2,304,000
Nach Wesermann, bergische Karren auf Chausseen	175 ℔ köln.	3,066' preuss.	1 Sec.	8	2,269,728
Nach Watt, aus wiederh. Versuchen	33000 ℔ a. d. p.	1' engl.	1 Min.	8	2,189,990
Nach Dietlein	500 ℔	1'	1 Sec.	8	2,250,000
Nach Scharnhorst, für ein mittleres Pferd	180 ℔	4000 Schritt	1 St.	8	2,034,502
Nach Gerstner	100 ℔ wiener.	4' wien.	1 Sec.	8	2,009,250
Nach Hachette, mit dem Dynamometer	67 Kil.	1 Meter	1 Sec.	8	1,929,600
Nach Amonton, am Pflug in strengem Boden	150 par. ℔	2,777' par.	1 Sec.	8	1,907,104
Nach Langsdorf	225 ℔ köln.	2' rhein.	1 Sec.	8	1,902,000

Namen der Beobachter.	Zugkraft oder gehobene Last.	Bei einer Geschwindigkeit oder einem Wege von:	in einem Zeitraume von:	Täglich wirkl. Arbeitszeit in Stunden.	Tägl. Nutzeffect in Meter-kilogr.
Nach Regnier am Pfluge	72 Kil.	26 Kilom.	1 Tag	—	1,872,000
Nach Edwards	13,440,000 ℔ a. d. p.	1′ engl.	8 St.	8	1,858,214
Nach d'Aubuisson	100 Kil.	0,8 Meter	1 Sec.	6	1,728,000
Nach Tredgold, auf die Dauer	125 ℔ a. d. p.	3 engl. Meil.	1 St.	6	1,642,529
Nach Wood aus einer Reihe von Versuchen.	112 ℔ a. d. p.	2 engl. Meil.	1 St.	10	1,635,228
Schwere Pferde in den Bergwerken zu Carmeaux	53,08 Kil.	1 Meter	1 Sec.	8	1,554,624
Nach Smeaton	22916 ℔ a. d. p.	1′ engl.	1 Min.	8	1,520,832
Nach Bevan, auf dem Grand Junction Canal.	80 ℔ a. d. p.	26 Ml. engl.	1 Tag	10,6	1,518,427
Nach Navier, am Göpel.	40,5 Kil.	1 Meter	1 Sec.	8	1,166,400
Nach Prony's Versuchen	—	—	—	8	1,146,426
Kleine Ackerpferde am Göpel (d'Aubuisson) .	51,33 Kil.	1 Meter	1 Sec.	6	1,108,728
Dieselben Pferde nach demselben	68,82 Kil.	1 Meter	1 Sec.	4 1/3	1,073,592
Ein Pferd an einem Schöpfwerk (Prittwitz)	10800 Cbf. Wasser	10′ preuss.	1 Tag	8	1,041,862
Ein Pferd im Schritt an gewöhnlichem Fuhrwerk (Morin)	70 Kil.	0,9 Meter	1 Sec.	10	2,268,000
Ein Pferd im Schritt am Göpel (Morin) . . .	45 Kil.	0,9 Meter	1 Sec.	8	1,166,400
Dasselbe im Trabe (Morin)	30 Kil.	2,0 Meter	1 Sec.	4,5	972,000
Postfuhrwerk zwischen Liverpool und Manchester im Galopp . . .	45 ℔ preuss.	5310 Rth. pr.	1 St.	1 1/2	672,045
Nach Maxwell dasselbe .	31 ℔ preuss.	4248° pr.	1 St.	1	246,915
Nach Bousson	50,0 Kil.	1 m,10	1 Sec.	7,27	1,440,000
Nach demselben. Postfuhrwerk auf einer Pferdeeisenbahn	17,58 Kil.	5 m,00	1 Sec.	1,22	386,760

Bokelberg[1]) giebt noch folgende Tabelle:

Beobachtete Leistungen der Zugpferde auf horizontaler Bahn.

Namen der Beobachter.	Zugkraft in Pfunden köln.	Geschwindigkeit pro Secunde in Fussen hann.	Tägliche Arbeitszeit in Stunden	Mechanische Arbeit pro Secunde in Fusspfunden	Mechanische Arbeit pro Secunde in Meterkil.[2])
Dupin	193	3,8	8	733	100
Belidor	180	3,8	—	684	93
Desaguiliers	200	3,2	—	640	87
N. N.	180	3,5	8	630	86
Schneider	175	3,5	8	612	84
Gengembre	172	3,42	8	588	80
Umpfenbach	180	3,2	—	576	79
Gerstner	120	4,3	8	516	71
Sganzin	160	3,0	10	480	66
Le Sauveur	175	3,2	—	560	76
Schmidt als Maximum				840	115
Regnier absolute Kraft des Pferdes				736 ℔	344 Kil.

Nach Courtois liegt die vom Alter, der Gewohnheit und dem Gewicht des ziehenden Pferdes abhängige, grösste Kraft zwischen 640 und 1070 Pfund.

Nach Tredgold hat man z. B. folgende Tabelle für engl. Maass und Gewicht, aus Versuchen. Aus ihr ergiebt sich das Maximum der Leistung, die ein Pferd von mittlerer Stärke bei verschiedenen Geschwindigkeiten im Zuge, auf Canälen, Eisenbahnen und Chausseen auszuüben vermag.

Nach Maschek berechnete Geschwindigkeit in Fussen.	Geschwindigkeit in Fussen.	Geschwindigkeit in engl. Meil.	Arbeitszeit in Stunden täglich.	Zugkraft in ℔ a. d. p.	Nutzeffect pr. Tag auf 1 Meile Länge (engl. = 5280') auf		
					Canälen. Tonnen.	horizont. Eisenbahnen. Tonnen.	horizont. Chausseen. Tonnen.
3,67	3,67	2½	11½	83⅓	520	115	14
4,80	4,40	3	8	„	243	92	12
5,17	5,13	3½	5⁹⁄₁₀	„	153	82	10
6,00	5,87	4	4½	„	102	72	9
6,43	7,33	5	2⁹⁄₁₀	„	52	57	7,2
6,78	8,80	6	2	„	30	48	6
—	10,26	7	1½	„	19	41	5,1
—	11,73	8	1⅛	„	12,8	36	4,5
—	13,20	9	⁹⁄₁₀	„	9	32	4
7,15	14,6[illegible]	10	¾	„	6,6	28,8	3,6

[1]) Strassengefälle und Einfluss auf Leistungen der Zugthiere. Zeitschrift Band I. 1855, pag. 71.

[2]) 1 ℔ köln. = 0,4677 Kil., 1' hann. = 0,292 Meter, daher 1 Fuss-℔ = 0,13657 Meterkil.

Die Zahlen der ersten Columme findet man aus der Formel:

$$Z_{ugkr.} = k\left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right) \text{ wenn man}$$

$$\text{setzt } Z = 83{,}33\left(3 - \frac{v}{3{,}67} - \frac{z}{11{,}5}\right)$$

und weil $Z = 83{,}33$ sein soll

$$Z = 83{,}33 = 83{,}33\left(3 - \frac{v}{3{,}67} - \frac{z}{11{,}5}\right)$$

woraus sich findet

$$v = \frac{166{,}77 - 7{,}25\ z}{22{,}7}$$

Zwischen den Grenzen stimmen diese Formeln also nicht überein, doch dürften auch an Tredgolds Angaben Zweifel zu erheben sein. Die letzte Reihe ist ungefähr die Leistung der Pferde vor den engl. Eilwagen, wobei jene nur kurze Zeit brauchbar bleiben.

Einige praktische Anwendungen der Formel für die Zugkraft.

In der Formel

$$1)\ Q = \frac{K - G\ \text{tang}\ \alpha}{\mu + \text{tang}\ \alpha}$$

kann K, je nach der Arbeitszeit und Geschwindigkeit, zwischen dem mittleren Werthe und nahe dem Dreifachen schwanken, da der allgemeine Ausdruck

$$K = k\left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right)$$

ist, wo k mittlere Kraft bedeutet.

Nach Erfahrungen beträgt die Zugkraft eines thierischen Motors nahe $1/5$ des Gewichts desselben. Setzt man in 1) $Q = 0$, so hat man $K - G$ tang $\alpha = o$ oder

$$\text{tang}\ \alpha = \frac{K}{G} = \frac{1}{5}$$

d. h. bei der mittleren Kraftanstrengung (auch während der mittleren Zeit und bei der mittleren Geschwindigkeit) steigt ein Pferd eine schiefe Ebene von $1/5$ hinan, ohne etwas ziehen zu können. Werden die Zeit und Geschwindigkeit um die Hälfte verringert, so kann es tang $\alpha = \frac{2\ k}{G} = \frac{2}{5} = \frac{1}{2{,}5} = 22^0$ mit der doppelten Anstrengung ersteigen, und $\frac{3\ k}{G} = \frac{3}{5} = 31^0$ ist die Grenze der Ansteigung, die es überhaupt noch eben erklimmen kann. In der Praxis ist dies nicht immer genau zutreffend, doch kann für solche Grenzwerthe keine Formel entsprechende Werthe geben. Für Maulthiere z. B. sind Abhänge nicht zu steil, die das Pferd nicht mehr ersteigen kann.

Bei den Mittelwerthen $v = c$ und $z = t$ wird aus Formel 2):

$$Q\,n = \frac{n\ (k - G\ \text{tang}\ \alpha)}{\mu + \text{tang}\ \alpha},$$

setzt man $G = 5k$, so erhält man

$$3)\ \text{tang}\ \alpha = \frac{n\,k - \mu\,Q}{5\,n\,k + Q}$$

und mittelst Hülfe dieser Formel kann man den Einfluss der Steigung übersehen. Sind also:
n die Anzahl Pferde, Q die zu transportirende Last = 20.000 Pfd. gesetzt, und k für ein starkes Frachtpferd = $166\frac{2}{3}$ Pfd. beispielsweise, ferner $\mu = {}^1/_{40}$ auf guter Chaussee, so hat man

$$\text{tang}\ \alpha = \frac{166{,}68\ n - 500}{833{,}3\ n + 20{,}000}$$

und findet für

$n = 3$ Pferde : tang $\alpha = 0$, also horizontal
$n = 4$ Pferde : tang $\alpha = \frac{1}{140}$
$n = 5$ Pferde : tang $\alpha = \frac{1}{72{,}5}$
$n = 6$ Pferde : tang $\alpha = \frac{1}{50}$
$n = 7$ Pferde : tang $\alpha = \frac{1}{39}$
$n = 8$ Pferde : tang $\alpha = \frac{1}{32}$
$n = 10$ Pferde : tang $\alpha = \frac{1}{24{,}3}$
$n = 20$ Pferde : tang $\alpha = \frac{1}{13}$

Wenn dennoch in der Praxis zum Aufziehen von 200 Centner auf eine ${}^1/_{13}$ geneigte Chaussee nicht 20 Pferde erforderlich sind, so rührt dies daher, dass dann die Pferde für eine kurze Zeit mit grösserer Anstrengung arbeiten und dass daher k über dem Mittelwerth ist; setzt man beispielsweise statt $k = 166{}^2/_3$, nahe das Doppelte = 332 Pfund, so hat man für n

$$n = \frac{(\mu + \text{tang}\ \alpha)\ Q}{k - G\ \text{tang}\ \alpha}$$

$$\text{also}\ n = \frac{(\frac{1}{40} + \frac{1}{13})\ 20{,}000}{332 - 833{,}3\ .\ \frac{1}{13}}$$

$$= \frac{53\ .\ 20000}{520\ .\ 267{,}9} = 7{,}6\ \text{Pferde.}$$

Wir können mit Bokelberg[1]) im grossen Durchschnitt für mittelstarke Pferde k = 150 Pfund, c = 4 Fuss pro Secunde und t = 8 Stunden setzen.

Es leuchtet aus dem Vorstehenden hervor, dass durch jede Ansteigung der Bahn, die Fortbewegung des belasteten Wagens sehr erschwert wird, und dass die Ansteigungen nur ein bestimmtes Maass haben dürfen, um, wenn die Pferde mit einer über der mittleren zulässigen Anstrengung arbeiten müssen, das Hinaufbringen der bis zur Ansteigung auf der Horizontalen geförderten Last noch zu gestatten. Da nun diese Mehr-Anstrengung um so geringer sein muss, je länger sie dauert, um die Zugthiere nicht zu sehr zu ermüden, so folgt, dass die Ansteigung um so geringer sein muss, je länger sie ist.

---

[1]) Bokelberg, über Strassengefälle und deren Einfluss auf die Nutzleistung der Zugthiere. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. Band I. 1855, pag. 60. (Auch als Broschüre gedruckt).

Es ist selbstredend schwierig zu sagen, wie gross die Mehrleistung an Zugkraft auf der Neigung über die mittlere sein darf, um die Pferde nicht zu sehr mitzunehmen Bokelberg ist der Ansicht, dass sie eben so gross wie die Zugkraft auf der horizontalen Strasse, von übrigens gleicher Beschaffenheit der Bahn, sein dürfe, wenn die Steigung nicht zu lang ist, d. h. mit anderen Worten: die Zugkraft der Pferde kann auf kurze Strecken sich verdoppeln, wobei sich dann die Geschwindigkeit verringert. Dann kann der Fuhrmann mit derselben Bespannung, welche für die Beschaffenheit des übrigen und zwar grössten Theils des Weges bei der gewöhnlichen Zuggeschwindigkeit von $3^1/_2$ Fuss bis 4 Fuss in der Secunde längere Zeit ausreicht, bei verminderter Geschwindigkeit auch die am stärksten ansteigenden einzelnen Strecken ohne Ruin seiner Pferde passiren.

Für diesen Fall fände man dann die zulässige Steigung aus der Gleichung

$$Q = \frac{k - G \text{ tang } \alpha}{\mu + \text{tang } \alpha} \text{ woraus also}$$

$$k = (\mu + \text{tang } \alpha)\, Q + G \text{ tang } \alpha;$$

wenn man statt k nun $2k = k$ max. setzt: $2k = (\mu + \text{tang } \alpha)\, Q + G \text{ tang } \alpha$

$$\text{also: tang } \alpha = \frac{2k - \mu Q}{Q + G}$$

nach der Voraussetzung soll aber

$$k = \mu Q,$$

wo μ von der Beschaffenheit der fraglichen Strasse abhängt, sein, also auch

$$\text{tang } \alpha = \frac{k}{Q + G} \text{ oder, was}$$

dasselbe

$$\text{tang } \alpha = \frac{\mu Q}{Q + G} = \mu \frac{Q}{Q + G}$$

d. h. die Tangente der zulässigen Steigung ist gleich dem Widerstands-Coefficienten der fraglichen Bahn mal Quotient aus der auf der Horizontalen für gewöhnlich geförderten Last, durch diese Last + Gewicht des Pferdes.

Vernachlässigt man das Gewicht des Pferdes, was bei flachen Ansteigungen zulässig, so erhält man sehr einfach

$$\text{tang } \alpha = \mu$$

was in Worten ausgedrückt heisst: Die Tangente der zulässigen Steigung (bei welcher auf nicht zu langen Strecken kein Vorspann erforderlich) ist gleich dem Widerstands-Coefficienten, und welche Regel Bokelberg a. a. O. aufstellt.

Es folgt hieraus unmittelbar die wichtige und oft nicht beachtete Regel: je besser die Beschaffenheit der Bahn, um so geringer müssen die Ansteigungen sein, um die auf dem übrigen Theil der Strasse zu

bewegende Maximallast nicht zu beeinträchtigen oder zu Vorspann zu nöthigen[1]).

Man kann also auf einem schlecht befestigten Wege, ohne die durch ein Pferd darauf zu bewegende Last zu beeinträchtigen, stärkere Steigungen zulassen als bei einer sehr glatten Bahn, womit selbstredend nicht gesagt ist, dass flache Steigungen überhaupt nicht vorzuziehen wären.

Die Grösse der zulässigen Steigung hängt also von der Beschaffenheit der Bahn ab, was obige Formel auch ausdrückt.

Wir können jetzt die obige Regel mit einigen Erfahrungen vergleichen.

Am sogen. Hüllpersberge, auf der Hannover-Hildesheimer Chaussee, konnten noch 54 bis 60 Centner Brutto durch ein Pferd eine 200⁰ lange Ansteigung von $\frac{1}{28}$ hinaufgeschafft werden. Setzt man $\mu = \frac{1}{40}$, so wäre die Zugkraft gewesen, wenn G = 8 Centner ein für alle Mal gesetzt,

$$2\,k = \left(\tfrac{1}{40} + \tfrac{1}{28}\right) 5400 + 800 \cdot \tfrac{1}{28}$$
$$= 356{,}4 \text{ Pfund.}$$

Sie war auf der Horizontalen $\frac{1}{40} \cdot 5400$

$$= 135 \text{ Pfund,}$$

wesshalb die Ansteigung, damit die Pferde auf derselben nicht mehr als das Doppelte auf der Horizontalen zu leisten brauchten, hätte sein müssen

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{k}{Q + G} = \frac{135}{6200}$$
$$\text{nahe} = \frac{1}{46};$$

die Zugkraft auf der Steigung betrug aber das $\frac{356{,}4}{135} = 2{,}64$ fache von der auf der Horizontalen. Um zu finden, bei welcher Beschaffenheit der Chaussee die obige Bedingung, dass höchstens 2 k = 270 vorkomme, gerechtfertigt gewesen wäre, hat man in

$$2\,k = (\mu + \text{tang}\,\alpha)\,Q + G\,\text{tang}\,\alpha$$

für k nur μ Q zu setzen und für μ aufzulösen; man hat also

$$2\,\mu\,Q = \mu\,Q + (Q + G)\,\text{tang}\,\alpha$$
$$\mu\,Q = (Q + G)\,\text{tang}\,\alpha \text{ oder}$$
$$\mu = \frac{(Q + G)\,\text{tang}\,\alpha}{Q}$$
$$\mu = \frac{6200 \cdot \frac{1}{28}}{5400} = \frac{6200}{28 \cdot 5400} = \frac{1}{24{,}3};$$

---

[1]) Daher auch bei Eisenbahnen die Steigungen schwächer sein müssen als bei Chausseen, und die Abweichungen derselben von der Horizontalen, wenn für diese die Beladung geschah, geringer, weil die Locomotive ihre Zugkraft um weniger als das Doppelte derjenigen bei der Expansion, mit welcher sie gewöhnlich arbeitet, vergrössern kann. Vergl. Einleitung, pag. 24.

also bei einer schlechten Steinbahn, wo μ etwa $= \frac{1}{24}$ ist, wäre die Steigung von $\frac{1}{28}$ zu erniedrigen, nicht dringend geboten gewesen. Dann hätten die Fuhrleute, bei gleicher Anstrengung der Pferde, wie oben, 24,3 . 135 Pfund = 32,8 Centner Brutto auf der Horizontalen laden dürfen.

Bokelberg führt die Thatsache an, dass auf der Chaussee von Bremen nach Hannover, als mit der Eisenbahn die Fuhrleute noch zu concurriren versuchten, ein Pferd 66 Centner Brutto unter günstigen Umständen auf einer Chaussee, wo $\mu = \frac{1}{40}$, eine etwa 100⁰ lange Steigung von $\frac{1}{32}$ hinaufzog, wogegen etwas ungünstigere Umstände zu Vorspann nöthigten.

Die Zugkraft auf der Horizontalen war $\frac{6600}{40} = 165$ Pfund, also hätte die Steigung nach der obigen Regel sein dürfen

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{k}{Q + G} = \frac{165}{7400} = \frac{1}{44{,}8}.$$

Die Zugkraft des Pferdes auf der Steigung war aber im vorliegenden Falle

$$k = \left(\frac{1}{40} + \frac{1}{32}\right) . \, 6600 + 800 \, . \, \frac{1}{32}$$

$$= 396{,}25 \text{ Pfund, also das } \frac{396{,}25}{165} = 2{,}40 \text{fache}$$

derjenigen auf der Horizontalen.

Aus diesen beiden Beispielen würde also folgen, dass man für nicht lange Steigungen die Zugkraft auf das 2,5fache, ohne Vorspann fürchten zu brauchen, erhöhen dürfe. In diesem Falle hätte man also in die Formel zu setzen:

$$2{,}5\ k = (\mu + \text{tang}\,\alpha)\ Q + G\ \text{tang}\,\alpha$$

$$\text{also tang}\,\alpha = \frac{2{,}5\ k - \mu\ Q}{Q + G}$$

und weil $k = \mu\,Q$ vorausgesetzt war,

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{1{,}5\ \mu\ Q}{Q + G}$$

$$\text{tang}\,\alpha = 1{,}5\ \mu\ \frac{Q}{Q + G} = \frac{1{,}5\ k}{Q + G},$$

welches der Grenzwerth für die zulässige Steigung sein dürfte.

Beispiele: Ueber den mit $\frac{1}{28}$ ansteigenden Hülpersberg zwischen Hannover und Hildesheim wird, wenn das Pferd 60 Centner Bruttogewicht hat, mit Vorspann gefahren. Wie gross würde tang α nach der letzten Regel sein dürfen, wenn $\mu = \frac{1}{50}$.

$$\text{Es ist dann } \mu\,Q = \frac{6000}{50} = 120 \text{ Pfund,}$$

$$\text{also tang}\,\alpha = \frac{180}{6800} = \frac{1}{37{,}7},$$

indessen ist 120 Pfund für ein Pferd mittleren Schlages zu wenig, und der Fuhr-

mann hätte auf der Horizontalen 150 . 50 = 7500 Pfund laden können (vorausgesetzt, dass an allen Stellen derselben $\mu = \frac{1}{50}$ wirklich gewesen ist)

$$\text{Dann würde tang } \alpha = \frac{225}{8300} = \frac{1}{36{,}89}$$

erlaubt gewesen sein und man hätte bei dieser Steigung keines Vorspanns bedurft[1]).

Beispiel. Es komme das stärkste zulässige Gefälle des einzurichtenden Uebergangs eines besteinten Dorfweges über einen 12 Fuss hohen Eisenbahn- oder Chausseedamm in Frage. Ermittelt sei, dass auf diesem unvollkommenen Wege in der Regel 35 Centner Bruttogewicht, mit 4 Fuss Geschwindigkeit, von einem Pferde mittleren Schlages gezogen werden.

$$\text{Es ist dann } \mu = \frac{150}{3500} = \frac{1}{23{,}33}$$

zu setzen, also

$$\text{tang } \alpha = 1{,}5 \; \frac{3500}{23{,}33 \;.\; 4300} = \frac{1}{19{,}1}$$

wobei also die Maximal-Zugkraft 2,5 . 150 = 375 Pfund gewesen wäre.

Steigt das Pferd mit 1,5 Fuss Geschwindigkeit die Rampe hinan, so hat es in $\frac{19{,}1 \;.\; 12}{1{,}5} = 153$ Secunden, oder nahe $2^1/_2$ Minuten = $^1/_{24}$ Stunde die Höhe erreicht. Die Zeit, während welcher es täglich 375 Pfund Zugkraft aus dieser Geschwindigkeit entwickeln kann, findet sich, wenn man setzt:

$$375 = 150 \left(3 - \frac{1{,}5}{4} - \frac{z}{8} \right)$$

zu z = 1 Stunde. Mithin entspricht die Arbeit beim Ersteigen der Rampe $^1/_{24}$ Tagesarbeit, oder das Pferd leistet dabei ebensoviel, wie wenn es mit 150 Pfund Zugkraft und 4 Fuss Geschwindigkeit, $\frac{8 \;.\; 60}{24} = 20$ Minuten arbeitet, oder auf 300 Ruthen Länge auf dem horizontalen Dorfwege vor der Rampe, 35 Centner Brutto fortgezogen hätte. Nach derselben Formel würde für v = 2 Fuss, z = 0, d. h. bei dieser Geschwindigkeit auf der Rampe würde das Pferd in kurzer Zeit erschöpft sein. Für solche Grenzwerthe kann man aber bei lebenden Motoren keine allgemein gültige Formel mehr aufstellen.

Endlich könnte noch der Fall gedacht werden, wo der Widerstands-Coefficient auf der Steigung kleiner wäre, als auf der Horizontalen, was dann der Fall, wenn, wie von Einigen vorgeschlagen[2]), man die Steigungen mit vorzüglichen Bahnen, z. B. aus Granit, Eisen etc. versähe, um μ zu verkleinern. Sei also der Coefficient auf der Steigung μ_1, so hätte man, wie früher, auf derselben

$$2{,}5 \text{ k} = (\mu_1 + \text{tang } \alpha) \text{ Q} + \text{G tang } \alpha;$$

---

[1]) Bokelberg a. a. O. findet $\frac{1}{34}$.

[2]) Bemerkungen über die Widerstände auf den verschiedenen Arten von Strassen. Berlin. Bauzeit. 1859. Heft VI. bis IX.

aber es ist auf der Strecke vor der Steigung $k = \mu Q$, also hat man

$$2{,}5\,\mu\,Q = \mu_1\,Q + Q \operatorname{tang} \alpha + G \operatorname{tang} \alpha$$

oder

$$\operatorname{tang} \alpha = Q\,\frac{(2{,}5\,\mu - \mu_1)}{Q + G}.$$

Beispiel. Es sei auf einer Strasse $\mu = \frac{1}{30}$, und die Zugkraft der vorkommenden Pferde sei 150 Pfund, so dass man also per Pferd 4500 Pfund Brutto laden könne. Man will eine 20 Fuss hohe Steigung mit dem zulässigen Maximalgefälle ersteigen, wie gross darf dies sein, ohne Vorspann zu verlangen, wenn die Rampe eben so befestigt ist, wie die Strasse. Man hat

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{1{,}5\,.\,150}{5300} = \frac{1}{23{,}55}.$$

Würde man auf der Rampe eine Bahn von Granitquadern legen, worauf der Widerstands-Coefficient nur z. B. $\frac{1}{150} = \mu_1$, so hätte man

$$\operatorname{tang} \alpha = \frac{4500\,(2{,}5\,.\,\frac{1}{30} - \frac{1}{150})}{5300}$$

$$= \frac{4500\,.\,10}{150\,.\,5300} = \frac{1}{17{,}6}$$

Man sieht also, dass weil die Rampe im Verhältniss von 17,6 : 23,55 kürzer werden könnte, wie man durch eine solche Anordnung an Erdarbeiten etc. würde sparen können, und zwar dies um so mehr, je schlechter die anliegende Horizontale im Stande zu halten wäre. — Uebrigens wird man nur im Nothfall bei Steigungen den Werth 2,5 k statt 2 k anwenden und sich also an Bokelbergs Annahme halten.

Für rasche Pferde, z. B. Postpferde, passt die Formel

$$K = k\left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right)$$

$$\text{oder } K = k\left(3 - \frac{v}{4} - \frac{z}{8}\right)$$

nicht mehr, da, wenn die Geschwindigkeit 12 Fuss wird, K = Null würde, während doch diese Pferde mit grösserer Geschwindigkeit laufen können und dabei ziehen, aber auch in kurzer Zeit nach 3 bis 4 Jahren abgenutzt werden, wogegen langsame Frachtpferde an 8 Jahr dauern[1]).

---

[1]) Die Formel für Frachtpferde kann für eine andere Gangart, als der langsame Arbeitsschritt ist, nicht mehr passen, und werden also derartige Kraftformeln in den Grenzwerthen unbrauchbar; eine genaue Formel müsste auch noch die Lebensdauer des Thieres mit in Rechnung ziehen.

Nach Gerlach's, Professor an der Thierarzneischule in Hannover, Angaben, die auf eigene Experimente gestützt sind, sind folgende Geschwindigkeiten bei folgenden Gangarten des Pferdes anzunehmen:

1) Langsamer Arbeitsschritt, 1 deutsche Meile = 7533 Meter in 2 Stunden, also 3,57 Fuss hann. pro Secunde. Hierher ist das Frachtpferd in seinem langsamen, geregelten Schritte zu zählen.

Wenn nun auch die Steigungen, wie oben erwähnt, durch eine Mehranstrengung der Pferde bis auf das $2\frac{1}{2}$fache ihrer mittleren Zugkraft ohne Vorspann überwunden werden, so hat doch das Bergabfahren bei denselben grosse Unbequemlichkeiten und Aufenthalte, besonders für rasch gehende Personenfuhrwerke, im Gefolge, und es würde eine unvollkommene Anlage sein, wo man oft den Hemmschuh oder die Bremse gebrauchen müsste. Bei welcher Steigung ein Herablaufen des Wagens von selbst eintritt und die Pferde anfangen ihn zu hemmen, geht aus der früheren Gleichung

$$Z = Q \cos \alpha \mu + Q \sin \alpha + G \sin \alpha$$

hervor, wenn man die Zeichen verändert und schreibt

$$Z = Q \cos \alpha \mu - Q \sin \alpha - G \sin \alpha$$

also, wie früher $\cos \alpha = 1$ gesetzt, u. s. w.

$$Z = \mu Q - (Q + G) \operatorname{tang} \alpha$$

und da Z der Bedingung nach = Null sein soll

$$\mu Q = (Q + G) \operatorname{tang} \alpha$$

also

$$\operatorname{tang} \alpha = \mu \frac{Q}{Q + G},$$

welcher Werth schon ein Mal für die Tangente der bei Rampen zulässigen Steigung gefunden wurde, und der sich ebenfalls, wenn man G vernachlässigt, auf

$$\operatorname{tang} \alpha = \mu$$

reducirt.

Beim Zurückhalten des drängenden Wagens, wenn es im Schritt geschieht, leistet das Pferd durch Hintenüberlehnen Widerstand, indessen kann man für die „Aufhaltekraft" des Pferdes schwer ein Maass angeben. Bokelberg schätzt sie für eingeübte Pferde auf 60—100 Pfund. Nach demselben ist für die Bergfahrt im Trabe selbst für leichte Reisewagen $\frac{1}{20}$ noch zu steil, auf $\frac{1}{22}$ fahren gutbespannte Kutschen streckenweis im kurzen Trabe; $\frac{1}{25}$ für

---

2) Schnellschritt, 1 Meile in einer Stunde, also 7,11 Fuss pro Secunde.

3) Kurzer Trab, eine Meile in 35—40 Minuten, also 12,27—10,73 Fuss pro Secunde, ein stark belastetes Pferd einige Minuten länger.

4) Gestreckter Trab, im Mittel eine Meile in 25 Minuten = 17,17 Fuss pro Secunde, 20 Minuten ist das Maximum, und 30 das Minimum unter der Last eines Reiters.

5) Galopp. Hier lässt sich die Geschwindigkeit gar nicht feststellen, weil sie von der Art des Galopps abhängt. Im verhaltenen Galopp ist die Geschwindigkeit circa wie beim gestreckten Trabe, während sie sich im starken Galopp der der Carrière nähert.

6) Carrière, eine Meile in 10 Minuten, also 42,94 Fuss pro Secunde, $8\frac{1}{2}$ Minute oder 50,51 Fuss pro Secunde ist das Maximum, was bis jetzt auf der Rennbahn geleistet ist.

Dabei rechnet Derselbe das Gewicht eines Pferdes von 500 bis 800 Pfund.

diese Gangart schon bequemer; $^1/_{33}$ — $^1/_{30}$ gestattet ziemlich anhaltenden Trab; wenn die Steige lang ist, der Trab rasch und nachhaltig, muss schon $^1/_{36}$ — $^1/_{40}$ vorhanden sein.

Für die Thalfahrt im Trabe ist ohne künstliche Hemmung $^1/_{16}$ noch gefahrvoll und $^1/_{20}$ noch sehr misslich. $^1/_{22}$ erfordert grosse Mässigung des Trabes und geschickten Führer, bei $^1/_{24}$ müssen die Kutschpferde noch stark rückhalten, erst von $^1/_{36}$ an, kann man auf glatten Strassen ohne Hemmungsmittel fahren und bei $^1/_{40}$ — $^1/_{45}$ im gestreckten Trabe.

Aus dem bisher Gesagten folgt im Allgemeinen, dass je mehr die Steinbahnen verbessert werden, um so mehr auf flachere Gradienten in der Strasse Werth gelegt werden muss. Bokelberg bemerkt, unterstützt von einer ähnlichen Theorie, wie vorstehende, dass die geringen Ansteigungen von $^1/_{32}$ auf Hauptfrachtstrassen im Flachlande schon Bedenken über ihre Zulässigkeit erregen können, dass Ansteigungen von $^1/_{28}$ auf diesen Strecken jetzt nicht mehr genügen, dass selbst im beginnenden Hügellande die Ansteigung von $^1/_{26}$ für Frachtfuhrwerke schon sehr lästig wird, auch dass Ansteigungen (in sonst flachen Strassen) von $^1/_{20}$ bis $^1/_{16}$ nicht viel mehr, als halbe Ladungen gestatten.

Für Gebirgsstrassen und Landstrassen können unter Umständen solche Längengefälle nicht vermieden werden, im Allgemeinen ist aber diejenige Strasse unstreitig die vollkommenste, welche unter übrigens gleichen Umständen sich der Horizontale am meisten nähert. Wir werden später noch die Ansichten von verschiedenen Baumeistern über das zulässige Längengefälle anführen.

Bei Gebirgsstrassen, wo stundenlange starke Ansteigungen vorkommen, wird sich die Ladung überhaupt verringern müssen, damit die Zugthiere bei gehöriger Schonung den grössten Nutzeffect geben, und man kann deren Leistung nach der Formel $K = k\left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right)$ mit fernerer Berücksichtigung der Steigungen abschätzen[1]).

Setzt man darin übereinstimmend mit Bokelberg $k = 150$ und $c = 4$, $t = 8$ Stunden, so hat man

$$K = 150\left(3 - \frac{v}{4} - \frac{z}{8}\right),$$

[1]) Bei langen Steigungen, wie sie bei Gebirgsstrassen vorkommen, muss man die Ladung überhaupt verringern. Ist die gewöhnliche Steigung tang α, so ist die Zugkraft gleich $Q(\mu + \text{tang}\,\alpha) = k = 150$ Pfund, also $Q = \frac{k}{\mu + \text{tang}\,\alpha}$. Für Steigungen α_1, welche ohne Vorspann zu brauchen, vorkommen dürfen, hat man tang $\alpha_1 = \mu + 2$ tang α; denn dann ist die Zugkraft auf dieser Steigung $= Q\mu + Q(\mu + 2\,\text{tang}\,\alpha) = 2\,Q(\mu + \text{tang}\,\alpha)$, also die doppelte, wie als zulässig für kurze Strecken vorausgesetzt.

wenn eine 8stündige Arbeit vorausgesetzt wird, also

$$K = 150 \left(2 - \frac{v}{4}\right);$$

mit Hülfe dieser Formel und der früheren für die Zugkraft

$$Q = \frac{K - G \text{ tang } \alpha}{\mu + \text{tang } \alpha}$$

hat man, wenn $\mu = {}^1/_{40}$ genommen wird, und das Gewicht des Pferdes zu $G = 600$ Pfund gesetzt, die folgende Tabelle:

Für 5 Fuss Geschwindigkeit ist z. B.

$$K = 150 \left(2 - \frac{5}{4}\right) = 112{,}5 \text{ Pfund,}$$

also die beförderte Last auf der Horizontalen:

$$\frac{112{,}5}{{}^1/_{40}} = 4500 \text{ Pfund,}$$

und z. B. auf der Steigung von $^1/_{40}$ bei 5 Fuss Geschwindigkeit

$$Q = \frac{112{,}5 - 600 \,.\, {}^1/_{40}}{{}^1/_{40} + {}^1/_{40}} = \frac{97{,}5}{\frac{1}{20}} = 1950 \text{ Pfund.}$$

Die Zugkraft wird = Null, wenn

$$K = G \text{ tang } \alpha \text{ oder tang } \alpha = \frac{112{,}5}{600} = \frac{1}{5{,}33}$$

würde das unbeladene Pferd mit 5 Fuss Geschwindigkeit ersteigen, während täglich 8 Stunden, bei mittlerer Anstrengung.

Tabelle über die Fuhrleistung eines Zugpferdes auf Steinbahnen von verschiedener Ansteigung, bei mittlerer Zugkraft von 150 Pfund für gleichzeitig 4 Fuss Zuggeschwindigkeit; während 8stündiger Arbeitszeit; den Widerstands-Coefficienten $\mu = {}^1/_{40}$ genommen, Gewicht des Pferdes 600 Pfund.

Last in Centnern à 100 Pfund anhaltend gezogen, auf Centner abgerundet.

1. Ansteigung der Bahn tang α	2. 5 Fuss per Secunde.		3. 4' pr. Sec.		4. 3½' pr. Sec.		5. 2' pr. Sec.	
	Ganzes Gewicht.	Nutzladung 12 Ctr. abgezogen.	Ganzes G.	Nutzlad.	Ganzes G.	Nutzlad.	Ganzes G.	Nutzlad.
horizontal	45	33	60	48	68	56	90	78
$^1/_{500}$	41	29	55	43	62	50	83	71
$^1/_{250}$	38	26	51	39	57	45	77	65
$^1/_{80}$	28	16	38	26	43	31	58	46
$^1/_{60}$	25	13	34	22	37	25	52	40
$^1/_{50}$	22	10	31	19	34	22	47	35
$^1/_{35}$	18	6	25	13	28	16	39	27
$^1/_{30}$	16	4	22	10	25	13	35	23
$^1/_{24}$	13	1	19	7	21	9	30	18
$^1/_{20}$	11		16	4	18,5	6,5	26	14
$^1/_{18}$	10		14,5	2,5	16,8	4,8	23,8	11,8
$^1/_{16}$	8,6		12,8	0,8	15	3	21,4	9,4
$^1/_{12}$	5,7		9,2		10,9		16,1	4,1
$^1/_{10}$	4,2		7,4		8,7		13,6	1,6

Man ersieht also aus dieser Tabelle auch, dass je grösser die Geschwindigkeit, um so ungünstiger der Einfluss der Steigung ist, denn bei 5 Fuss Geschwindigkeit ist schon zwischen $^1/_{60} - ^1/_{50}$ die Nutzlast $^1/_3$ der auf der Horizontalen, bei 4 Fuss zwischen $^1/_{50}$ und $^1/_{35}$, bei 2 Fuss zwischen $^1/_{24}$ und $^1/_{20}$. Ferner ist ersichtlich, wie bedeutend lange Steigungen den Nutzeffect herabzuziehen vermögen.

Endlich kann man noch mit Hülfe unserer Formel die Leistung der Pferde auf Wegen von verschiedener Beschaffenheit übersichtlich zusammenstellen. Wir wollen mit Bokelberg [1]) a. a. O. pag. 343 annehmen, die Geschwindigkeit sei $3^1/_2$ Fuss, dann ist die Zugkraft bei 8 Stunden Arbeit

$$K = 150 \left(2 - \frac{3,5}{4}\right) = 187,5 \text{ Pfund,}$$

wofür Bokelberg abgerundet 180 Pfund setzt.

Beispielsweise würde noch bei vermehrter Zugkraft des Pferdes und einer Zuggeschwindigkeit von $2^1/_2$ Fuss, auch während 3 Stunden Arbeit sein:

$$K = 150 \left(3 - \frac{2,5}{4} - \frac{3}{8}\right) = 300 \text{ Pfund}^{2)},$$

eine solche Leistung während einer Stunde würde also $^1/_3$ Tagesarbeit entsprechen, so dass das Pferd noch $^2/_3 \cdot 8 = 5^1/_3$ Stunden die übrige Leistung von 187,5 Pfund mit $3^1/_2$ Fuss, oder 150 Pfund mit 4 Fuss Geschwindigkeit leisten könnte.

Die folgende Tabelle enthält die Fuhrleistungen eines kräftigen Zugpferdes (180 Pfund mit $3^1/_2$ Fuss während 8 Stunden Arbeitszeit) auf besteinten und unbesteinten Wegen von verschiedener Beschaffenheit und Ansteigung, und ist nach der Formel

$$Q = \frac{180 - 600 \tang \alpha}{\mu + \tang \alpha} \quad ^{3)}$$

wie früher berechnet.

---

[1]) Ueber die wechselseitigen Beziehungen zwischen der Wirkung der Ansteigung und sonstigen Beschaffenheit der Fahrbahnen auf die nützliche Leistung der Zugthiere von Bokelberg. Zeitschrift d. Arch. u. Ing.-V. Band II. 1856. pag. 340.

[2]) Vergleiche Bokelberg a. a. O. pag. 346. 2.

[3]) In der Formel ist, statt früher 800 Pfund, weniger zutreffend nur 600 Pfund für das Gewicht eines starken Pferdes gesetzt; bei Einführung des ersteren Werthes würden sich indessen die Zahlenwerthe der folgenden Tabelle nur wenig verändern, da der Einfluss des mit tang α multiplicirten Gliedes, besonders bei flachen Steigungen, nicht gross ist.

Tabelle der Fuhrleistung des Pferdes

Ansteigung der Bahn tang α	nach Gewicht des Wagens und der Ladung in Centnern à 100 Pfund.						Bemerkungen zu den Col. 1., 2. u. 3.
	1. auf den besten	2. auf guten	3. auf schlechten	4. auf festen, ebenen und trockenen	5. auf schlechten	6. auf den schlechtesten	
	Steinbahnen.			Erdwegen.			
$\mu =$	$1/75$	$1/50$	$1/25$	$1/20$	$1/10$	$1/5$	
horizontal	135	90	45	36	18	9	Meilenlange Strassen von so geringer oder keiner Ansteigung, gehören selbst im Flachlande zu den Ausnahmen.
1 : 500	116	81	42	34	18	9	
1 : 250 (bis $1/90$)	102	74	40	33	17	8	Diese Ansteigungen $1/250$ bis $1/90$ bilden mit streckenweiser Vergrösserung die Regel auf den besteinten Strassen des Flachlandes.
1 : 80	67	53	33	28	15	8	
1 : 60	57	46	30	26	15	8	$1/80 - 1/60$ auf den gebahnten Strassen des Hügellandes.
1 : 50	50	42	28	24	14	8	$1/50 - 1/35$. desgl auf den Bergstrassen.
1 : 35	38	33	23	20	13	7	
1 : 30	34	30	22	19	12	7	$1/30 - 1/20$ auf den besteinten Strassen im Gebirgslande.
1 : 20	24	21	17	15	10	6	
1 : 18	21	19	15	14	9	6	$1/18 - 1/14$ Ausnahme-Verhältnisse auf langen Frachtstrassen im Gebirge.
1 : 14 (b. 1 : 12)	16	15	12	11	8	5	
1 : 12	13	12	10	10	7	5	Gefahrvolle Steigungs-Verhältnisse.
1 : 10	11	10	9	8	6	4	

Uebrigens ist von der ermittelten Leistung für schwache Zugthiere $1/6$ bis $1/4$ abzusetzen, und es nimmt, wenn die Bespannung aus mehr als zwei Pferden besteht, die nützliche Leistung jedes Pferdes mehr und mehr ab, und zwar nach Bokelberg in dem früher angegebenen Verhältniss, während das Wagengewicht pro Pferd, wie aus den früheren Angaben pag. 24 und 25 zu ersehen, nicht im geraden Verhältniss der Zahl der Pferde, sondern geringer steigt [1] [2].

---

[1] Ueber Leistung der Zugthiere vergl. noch Fourier, Annales des ponts et chaussées 1836. Erörterungen darüber in Crelles Journal XII.

[2] Desgleichen über Leistungen menschlicher und thierischer Motoren. Rühlmann, allgemeine Maschinenlehre 1861.

Folgende Tabelle aus **Steenstrup's** Strassenbau, pag. 375 giebt noch eine Uebersicht des Gewichts und der Beladung etc. bei den englischen und französischen Last- und Personenwagen.

Art der Wagen.	Gewicht der Wagen mit Ladung.	Gewicht der Wagen ohne Ladung.	Beladen mit Personen.	Beladen mit Güter.	Bespannung.	Geschwindigkeit in der Stunde.	Tägliche Arbeitszeit der Pferde.	Abstand der Relais.	Dauerzeit der Pferde.
	Kilogr.	Kilogr.		Kilogr.	Pferde.	Lieues*)	Stunden.	Lieues	Jahre
a. In England:									
Last- wagen 2räderig	3545	—	—	—	5	—	—	—	6 – 7
Last- wagen 4räderig	6590[1]	—	—	—	8	—	—	—	6 – 7
Stage coaches	3000	1000	—	825	4	2 – 3	—	—	4 – 5
Mail coaches	2100	900	10	—	4	3 – 4$^1/_4$	1,5	—	3 – 4
b. In Frankreich:									
Ordinaire Roulage.									
2rädrige	4900[2]	2200	—	—	4		8	keine Relais.	
4rädrige	8100[2]	3400	—	—	8		8	keine Relais.	
Beschleunigte Roulage.						$^3/_4$			6
2rädrige	4900[2]	2200	—	—	4		3 – 6[3]	7 – 8$^1/_2$	
4rädrige	8100[2]	3400	—	—	8		3 – 6[3]	7 – 8$^1/_2$	
Messagerien in 1810	3500	2000	—	—	5	1	—	—	—
Messagerien in 1835	5000	2250	—	1475	5	2 – 3	3	3 – 4[5]	5
Messagerien in 1841	4600	2160	16[6]	1100	—	—	—	—	—
Malle-poste 1835	2250	1600	5	—	4[7]	3[4]	—	—	4

---

*) Wahrscheinlich lieues de poste = 4287,88 Meter = 14679,99 Fuss hannov.

1) Wiegen zuweilen 7 — 8000 Kil.

2) Maximum im Sommer.

3) Entweder bloss als Tour, oder als Retour, die Pferde und der Kutscher machen gewöhnlich einen Tag die Tour und nächsten Tag die Retour.

4) 1$^1/_2$ Stunde eine Diligence in einer Richtung, und eben so viel, um eine andere retour zu bringen.

5) 3 Lieues auf den macadamisirten, 4 auf gepflasterten Strassen.

6) Ohne Conducteur und Postillon.

7) Im Winter mit 5, sogar mit 6 Pferden bespannt.

4) Ansichten einiger Autoren über die zulässige Steigung von Strassen.

Endlich sind noch die Ansichten einiger Autoren über die zulässigen Steigungen hier anzuführen [1]).

Als Maximum der Ansteigung besteinter Kunststrassen wurden und werden gestattet:

1) Von der alten preuss. Verordnung $^1/_{16}$.

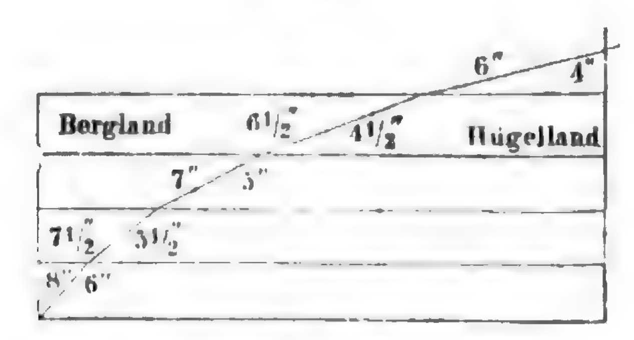
2) Von der preuss. Dienst-Anweisung (1834)

a. in den Berggegenden $^1/_{18}$,

b. für Hügellande ..... $^1/_{24}$.

Ist die zu ersteigende Anhöhe höher als 100 Fuss, so muss für jede folgende Höhe von 100 Fuss die Ansteigung um $^1/_{288}$ so lange vermindert werden, bis solche im Berglande nur noch $^1/_{24}$ und im Hügellande nur noch $^1/_{36}$ beträgt Man hat also auf je 100 Fuss im Berglande 8" pro Ruthe preuss. = $^1/_{18}$ und $7^1/_2$", 7", $6^1/_2$" bis 6" = $^1/_{24}$, und für Hügelland resp. 6" = $^1/_{24}$, $5^1/_2$", 5", $4^1/_2$" und 4" = $^1/_{36}$ nach untenstehendem Schema. Auf langen Steigen sind 5 Ruthen lange Ruheplätze mit $^1/_{144}$ anzulegen.

Fig. 11.



3) Lenglier fordert mindestens $^1/_{17}$,

4) Wiebeking fordert $^1/_{18}$,

5) Schemerl „ $^1/_{24}$ — $^1/_{18}$,

6) Schütte „ $^1/_{24}$,

7) Lueder „ $^1/_{24}$,

8) Krünitz „ $^1/_{24}$,

9) Krüger „ $^1/_{24}$,

10) Sartorius „ $^1/_{24}$.

11) Trésaguet $^1/_{18}$ nach oben hin allmählig abnehmend bis auf $^1/_{36}$.

12) Tostain $^1/_{20}$; mit der Regel, dass der Sinus des Ansteigungswinkels gleich sei dem Bruchtheile der Last, welcher als Kraft wirkend zum Fortziehen derselben ausserhalb der Steige erforderlich sein würde.

---

[1]) Aus Bokelberg a. a. O. Zeitschrift des Hann. Arch.- und Ingen.-Vereins. Band I. 1855. pag. 192.

13) Dupin, für kurze Steigungen $^1/_{25}$,
für lange Steigungen $^1/_{30}$,

14) Edgeworth, $^1/_{30}$,

15) Telford, $^1/_{30}$,

16) Goux, *a.* bequemste Steigung für Diligencen $^1/_{33}$, wobei bemerkt wird, dass $^1/_{14}$ bis $^1/_{15}$ vortheilhafter für den Schritt sei als $^1/_{33}$ bis $^1/_{34}$ im Trabe aufwärts, zwischen denselben Abgangs- und Ankunftspunkten; *b.* für Roulage-Pferde ist die bequemste Steigung $^1/_{20}$, wenn jedes nur 25 Centner zieht.

17) v. Pechmann, für kurze Steigungen $^1/_{16}$,
für längere Ansteig. $^1/_{22}$,
noch längere steigende Strecken $^1/_{25}$, mit wagerechten Wendungsplätzen auf den geschlängelten Wegen und mit Ruheplätzen von 60 zu 60 Ruthen.

18) Umpfenbach, für leichtes Fuhrwerk $^1/_{18}$,
für schweres „ $^1/_{24}$,
als grösste Bequemlichkeit .... $^1/_{36}$.

19) Arndt, $^1/_{18}$ mit der Bemerkung, dass eine Strasse um so vollkommener werde, je mehr sie sich der Horizontalen nähert.

20) Röder, im Gebirge $^1/_{16}$,

21) v. Langsdorf, für vollkommene Strassen $^1/_{25}$,
im Nothfalle .... $^1/_{12}$.

22) Courtin. Nach ihm ist nach sorgfältiger Prüfung es früher stattnehmig erachtet, steile Ansteigungen von $^1/_{12}$ — $^1/_{10}$ über den Simplon, und von $^5/_{72}$ in der Strasse über den Mont-Cenis anzubringen.

23) Die beste Steigung für Reisestrassen, die sowohl auf- wie abwärts im raschen Trabe befahren werden sollen, ist nach Parnell $^1/_{35}$ — $^1/_{36}$, obwohl nach Umpfenbach die gut bespannten Postwagen schon bei einer Steigung von $^1/_{29}$ — $^1/_{24}$ streckenweise im Trabe aufwärts fahren können.

24) Nach Elie de Beaumont ist die stärkste erlaubte Steigung auf den Hauptstrassen Frankreichs $^1/_{20}$.

25) Mahan fordert, dass das Längen-Gefälle stets kleiner sei als der Ruhewinkel oder Reibungswiderstand. Das höchste Gefälle sollte aber regelmässig das Maass $^1/_{20}$ nicht übersteigen. Eine Steige von $^1/_{20}$ Anlauf werde jedoch im Schritt und in derselben Zeit mit weniger Ermüdung der Zugthiere zurückgelegt, als eine Ansteigung von $^1/_{33}$, die mit der steileren Steigung denselben Ausgangs- und Endpunkt habe, im Trabe. Wechselndes Steigen und Fallen mit $^1/_{100}$ Neigung sei für die Zugthiere zuträglicher, als eine ganz horizontale oder gleichmässig steigende Bahn.

26) Dr. Fick gestattet für kurze Strecken von höchstens 300 Fuss Länge eine Steigung von $^1/_{18}$, und für Ueberschreitung beträchtlicher Anhöhen $^1/_{24}$, während $^1/_{32}$ als vorzüglich dargestellt wird.

27) Sganzin, in ebenen Gegenden $^1/_{18}$, im Gebirge $^1/_{14}$ [1]).

Eine schärfere und mehr wissenschaftliche Darstellung des Gegenstandes dieses Capitels giebt Launhardt in dem Aufsatze: Bestimmung der zweckmässigsten Steigungsverhältnisse von Chausseen. Zeitschrift des hann. Archit.- und Ing.-Vereins. XIII. 1867, auch als Broschüre bei Schmorl & v. Seefeld in Hannover. 1868. Vergl. auch als dahin gehörig von demselben: über die Rentabilität und Richtungsfeststellung der Strassen. Hannover 1869. Schmorl & v. Seefeld.

5) Erfahrungsresultate über die Leistungen von Thieren bezüglich Tragkraft und Geschwindigkeit.

Nach Desaguiliers trug ein Pferd 11 Centner Eisen 8 engl. Meilen weit. Nach Wesermann laden die bergischen Kohlentreiber 300 — 510 Pfund Steinkohlen, welche ein Pferd 3 Stunden ohne auszuruhen trägt.

Tragkraft des Pferdes.

Verzeichniss der Leistung.	Ladung.	Durchlaufener Weg in 1 Tag.	Giebt täglich etwa 1 Meile weit an Ctr. cöln. à 110 ℔
Nach Gassendi: bei grösserer Belastung	300 ℔	(5 Lieues = 3 Meilen) 8 Lieues	13 Ctr.
Bei gewöhnlicher, derselbe	180 ℔	12 Lieues	12 Ctr.
Nach Anderen, im Schritt	120 Kil.	1,1 m in 1 Sec. bei 10stünd. Arbeit	12 Ctr.
Nach Dupin, ein gewöhnl. Saumross, die Tragkraft von 3 Mann	100-150 Kil.	36 — 45 Kilom.	12 Ctr.
Ein Pferd im Trabe	80 Kil.	2,2 m pro Sec. 7 Stunden	11 Ctr.
Ein gutes Cavallerie-Pferd, nach Dupin	90 Kil.	40 Kilom.	9 Ctr.
Ein hannover. Reitpferd, nach Scharnhorst	400 ℔	$2^1/_4$ Meile	8 Ctr.
Ein österr. Armeepferd, nach Scharnhorst	300 ℔	$2^1/_4$ Meile	6 Ctr.
Ein Cavallerie-Pferd auf gew. Märschen, nach Gerstner	2-300 ℔	3 Meilen	6 Ctr.

[1]) Piemontesische Bergstrassen. Zwischen Piemont und Savoyen über den Mont-Cenis, 36934 m lang, auf über 20000 m in Felsen gehauen. Grosser Theil

Die Last, die ein Cuirassierpferd mit Sack und Pack, jedoch ohne Fourage, zu tragen hat, kann man auf 227,5 ℔ veranschlagen. Mit derselben kann es

im Schritte in	3	Stunden	22	Minuten	2,27	Meilen
im kleinen Trabe in	1	„	5	„	1,46	„
im scharfen Trabe in	—	„	21	„	0,69	„
im Galopp	—	„	$6^3/_4$	„	0,28	„

zurücklegen. Im verschärften Galopp kann es aber dann nur mehr 130 Pfund tragen.

Folgende Angaben finden sich in dem Werke von Müller. Physiologie der Haussäugethiere. 1862.

Die Last, die ein Pferd tragen kann, nimmt Reska bei einem mittleren Landpferde von 500 ℔ Schwere auf $^2/_5$ seines Gewichts oder 200 ℔ im Mittel an; es kann aber seine Kraft auf das $2^1/_2$fache, also auf 500 ℔ gesteigert werden. Mit dieser grössten Anstrengung kann es im Schritte noch 500 ℔, im kleinen Trabe 400 ℔, im scharfen Trabe 300 ℔, im einfachen Galopp 200 ℔ und im verschärften 100 ℔ tragen. Die Zeitdauer ist nicht angegeben. — In Oesterreich werden, ohne das Gewicht des Packsattels zu veranschlagen, je nach der Verschiedenheit der Ladungen (Wein, Fourage, Munition), bis 250 ℔ auf ein Packpferd gerechnet [1]).

Nach Baumgarten hält ein (ausser mit dem Reiter) unbelastetes gesundes Pferd im stärksten Trott durch 8 Stunden des Tages mit einer Geschwindigkeit von 10 Fuss pro Secunde aus, und läuft dann 12 Meilen. Nach Daumas (Les chevaux de Sahara 1851, pag. 24) muss ein gutes Pferd in der Wüste Sahara 5 — 6 Tage hintereinander Wegestrecken von 25 — 30 franz. Meilen (à 4444,4 Meter = 0,598 hann. Meilen) also etwa 15 — 18 hann. Meilen zurücklegen, ja es kann oft in einem Tage das Doppelte machen. Graf Szirmay legte im

---

mit Stützmauern, Steigungen $^1/_{13}$ — $^1/_{20}$, wenige $^1/_{12}$. Ruheplätze 10^m breit. 21 Zufluchtshütten.

Ueber den Simplon (1800 — 1805 durch Napoleon) 193000^m (26 Meilen durchschnittlich à 80000 ꟸ). 250000 Kil. Pulver verbraucht, jährlich 5000 Arbeiter, 611 Brücken. $^1/_{17}$ — $^1/_{14}$ Steigung.

Von Bormis nach dem Stilfer Joch auf 13700^m, steigt 1564^m, hat 20400^m Developpement in 38 Zickzacks mit $^5/_{100}$, $^6/_{100}$, $^7/_{100}$, höchstens $^1/_{10}$ Steigung, 689^m Tunnel oder gemauerte Gewölbe gegen Erdstürze und Lawinen. Vom Stilfer Joch in die Ebene von Tradt auf 14000^m, fällt 1837^m, hat 48 Zickzacks und Developpement von 23289^m, Steigungen nicht über $^1/_{10}$. Curven mit 8^m Radius. An Abgründen sind 2^m hohe Geländer. Die meisten Richtungen aus militairischen Rücksichten gewählt, Enfiladen vermieden und Minenöfen angebracht. Vergl. Baumgarten: Die neuesten und vorzüglichsten Kunststrassen über die Alpen. Wien 1834.

[1]) Die Pferdewissenschaft in ihrem ganzen Umfange, von Ignaz Reska, k. k. Rittmeister. Prag, 1838.

October 1860 in 9 Stunden und einigen Minuten mit 2 englischen Pferden (einem Vollblut- und einem Halbblut-Pony) 24 deutsche Meilen zurück.

Ein Militairpferd hat im Paradeschritt eine Schnelligkeit von 4 Fuss, im gewöhnlichen Marschschritt 4 — 8 Fuss, im Trab 10 — 15 Fuss, im Galopp 20 — 26, in der Carrière 30 — 60 Fuss in der Secunde (wiener Maass).

„Eclipse", ein englisches Rennpferd, soll in der Minute 1 englische Meile = 5280 Fuss, also in der Secunde 88 Fuss gerannt sein, „Flying childers" dieselbe Strecke in 1¼ Minute. Beim Wiener Mairennen im Jahre 1861 lief der Hengst „Lanchester", 4 Jahr alt, die Distance von 3½ engl. Meilen in 7 Minuten 5 Secunden.

Es geht aus der obigen Tabelle hervor, wie unzweckmässig es ist, das Pferd zum Lasttragen zu benutzen, denn auf Chausseen leistet das Pferd im Allgemeinen etwa das 10fache, auf Eisenbahnen das 75fache und auf Canälen das 200fache von dem, was es tragen kann.

Stärke und Arbeit des Esels, Ochsen, Kameels, Elephanten, Hundes etc.[1]).

Die Zugkraft der Thiere ist, wie bemerkt, gewöhnlich zwischen ⅕ und ⅙ ihres Gewichts. Nach Gerstner geht ein Maulesel oder Maulthier bei 80 — 120 Wiener Pfund Zugkraft mit 3 — 4 Fuss pro Secunde täglich 8 Stunden. Dies giebt 84 — 94 preuss. (alte) Centner, 1000 Fuss hoch gehoben. Nach Cazanel arbeitet in Westindien ein Maulthier mit 150 Pfund und 3 Fuss engl. Geschwindigkeit während 2 Stunden des Tages; sind 30 preuss. Ctr. 1000 Fuss hoch. Nach Scharnhorst trägt ein Maulthier 400 — 500 Pfund 2½ Meilen weit täglich, oder 10 Ctr. eine preuss. Meile.

Esel hat nach Gerstner 50 — 70 Wiener Pfund Zugkraft, mit 3 bis 2 Wiener Fuss, in 8 Stunden Arbeit. Sind 38 preuss. Ctr. 1000 Fuss preuss., Andere rechnen die tägliche Leistung des Esels der des Menschen gleich, was zu gering ist.

Ochse zieht nach Scharnhorst mit 204 Pfund Zugkraft, täglich in 8 Stunden 2 Meilen weit (90 Ctr. 1000 Fuss hoch). Nach Gerstner ist die Leistung etwa 80 Ctr. 1000 Fuss hoch. Nach Burger leisten Ochsen ½ der Pferdearbeit, auch wohl ¾. Block giebt an, dass 3 — 4 gut genährte Ochsen so viel leisten, wie 2 Pferde, erstere sind aber nur zu langsamen Arbeiten geeignet. Nach Kröncke ist das Vortheilhafteste für Ochsen 1½ Fuss Geschwindigkeit bei 204 Pfund Zugkraft, und für Pferde 4 Fuss bei 187 Pfund, was bei gleicher Arbeitszeit, Ochs zu Pferd, Leistung von 306 : 748 oder 2 : 5. Nach Langsdorf haben Ochsen dieselbe Zugkraft wie Pferde, gehen in der Ebene viel langsamer, sind aber beim Bergsteigen geschickter.

[1]) Prittwitz, Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleisses in Preussen. 1829, 1835 und 1839.

Für die Arbeit am Göpel giebt **Prechtl** folgende Zusammenstellung:

Menschen im Zuge oder Druck..	25 – 30 ℔	bei 2 – $2\frac{1}{4}$ Fuss Geschw. pro Sec.
Pferde im Zuge...............	100 — 130 ℔	bei 4 Fuss pro Sec.
Ochsen im Zuge	100 — 120 ℔	bei $1\frac{1}{3}$ bis $1\frac{3}{4}$ Fuss,
Maulthiere..................	70 – 100 ℔	bei $2\frac{3}{4}$ bis $3\frac{1}{4}$ „
Esel	32 – 36 ℔	bei 2 bis $2\frac{1}{4}$ „

Kameel. Zum Reiten, Fahren, Lasttragen und Pflügen gebraucht, kann 3 Tage hungern und 8 Tage ohne zu saufen aushalten. Mit einer Last von 7 — 12 preuss. Ctr., legt es in der Stunde $\frac{1}{2}$ preuss. Meile zurück und dies mehrere Tage hintereinander, jeden Tag 6 – $8\frac{1}{2}$ preuss. Meilen. Nach **Gehler** läuft es täglich 12 — 15 Meilen.

Dromedar, schneller, aber von weniger Ausdauer, kann nach **Burkhardt** 43 preuss. Meilen in 24 Stunden durchlaufen; ein Beduine legte in 5 Tagen 101 preuss. Meilen zurück. Im Trabe durchläuft es in der Stunde $2\frac{1}{2}$ preuss. Meilen; auf kurze Entfernungen 2 Meilen in der halben Stunde. Ausgewachsen trägt es auf kurze Strecken 1400 preuss. Pfund, auf weitere aber nur 420 — 560 preuss. Pfund.

Elephant, zum Ackerbau verwendet, soll = 20 Ochsen leisten und im Mittel 80 Centner wiegen.

Rennthier. Die Lappländer legen in ununterbrochener Fortsetzung in 19 Stunden eine Wegstrecke von 32 preuss. Meilen, in der Stunde $1\frac{2}{3}$ Meile zurück. Bei Wettrennen haben Rennthiere in 1 Stunde über 4 preuss. Meilen, vor einem Schlitten oft in der Stunde $3\frac{3}{4}$ Meilen oder 25 Fuss in 1 Secunde zurückgelegt.

Hund. Nach **Parry** legten 9 arktische Hunde mit 1611 Pfund Ladung auf Schlitten 1750 Yards in 9 Minuten zurück, also mit 9,3 par. Fuss Geschwindigkeit machten sie $1\frac{1}{2}$ Meilen pro Stunde. Nach anderen Angaben durcheilten Hunde am Schlitten in 1 Tag $16\frac{1}{2}$ — 23 preuss. Meilen[1]).

6) Bousson's Versuche über die Leistung von Pferden auf Steigungen und bei verschiedener Zugkraft und Geschwindigkeit.

Bousson a. a. O. giebt ausser dem früher angeführten Beispiel noch folgende Zahlen, welche für den praktischen Gebrauch nützlich sein können.

Eine aus 2 Theilen bestehende Steigung der Bahn bei Neulize hatte auf 1100^m Länge ein Gefälle von $^{50}/_{1600}$ und auf den folgenden 1100^m Länge $^{30}/_{1000}$ bis $^{35}/_{1000}$.

[1]) Ausführliche Angaben über verschiedene Zugthiere in **Rühlmann's** allgemeiner **Maschinenlehre**, Band III, pag. 110.

Drei Pferde zogen einen Wagen von 4700 Kil. Brutto, nämlich 1400 Kil. Wagengewicht und 3300 Kil. Ladung. Der ganze von dem Wagen bei jedem Aufzuge durchlaufene Weg, mit Inbegriff des Weges in den Ausweichungen, die schwächere Steigung hatten, war 2700^m und die ganze erstiegene Höhe $91^m,_{80}$. Wird das Gewicht des Pferdes vernachlässigt, so war die tägliche Leistung beim Aufziehen, da 6 Mal die Rampe erstiegen wurde, den Widerstands-Coefficienten zu $0,_{005}$ gerechnet,

$$6 \,.\, \frac{4700^k}{3} \left(0,_{005} + 2700^m + 91^m,_{80}\right) = 989820 \text{ Meterkil.}$$

Die Zugkraft auf der 1100^m langen Steigung von $0,_{050}$ war $1567^k \,.\, 0,_{055} = 86,_{18}$ Kil., und die dabei stattfindende Geschwindigkeit betrug $0^m,_9$ per Kil. und die Arbeit des Pferdes pro Secunde während dieser Geschwindigkeit $= 77,_{56}$ Meterkil. Das Hinaufbringen jedes Wagens wurde mit $2,_5$ Frcs. bezahlt, das Meterkil. kostete also 0,0000[illegible] Frcs.

2) Rückkehr theilweise beladen.

Zwischen Berneton und Biesse hat die Rampe eine Länge von 4000 Meter, ein gleichmässiges Gefälle von $0^m,_{002}$ und Curven von 300^m Radius, wesshalb der Widerstand zu $0,_{0055}$ der Last gerechnet wird. Vier Pferde zogen auf diesem Relais täglich im Mittel 28 beladene Wagen hinauf, indem sie 4 bis 5 Mal aufstiegen und eben so oft zurückgehend bei einem ihrer Rückgänge 28 leere Wagen und 6000 Kil. Waaren mit herabzogen. Die beladenen Wagen wogen 4800 Kil. und die leeren 1500 Kil. Die tägliche Leistung eines Pferdes war also

$$\tfrac{1}{4}\left(28 \,.\, 4800^k \,.\, 0,_{0075}\right) 4000^m + \tfrac{1}{4}\left(28 \,.\, 1500^k + 6000^k\right) 0,_{0035} \,.\, 4000^m$$
$$= 1{,}176{,}000 \text{ Meterkil.}$$

Die Pferde durchliefen im Mittel, sowohl beladen wie leer, im Ganzen täglich 36000^m mit einer Geschwindigkeit von $1^m,_{10}$ in der Secunde. Die Zugkraft beim Aufziehen betrug etwa 56 Kil., und die mechanische Leistung pro Secunde $= 56^k \,.\, 1^m,_1 = 61,_{60}$ Meterkil. Der Unternehmer erhielt für den beladenen Waden $0,_{60}$ Frcs. und $0,_{10}$ Frcs. pro Tonne oder pro leeren Wagen auf der Hinunterfahrt.

Dies giebt für einen Tag eines Pferdes 5,0[illegible] Frcs. oder $0,_{00000130}$ Frcs. pro Meterkil.

3) Rückkehr mit halber Ladung.

Zwischen Roanne und dem Hospital variirte die Rampe auf 7000^m Länge von 2 bis 9 Tausendstel und hatte nahe dem Hospital diese letztere Steigung auf 1600^m Länge. Um diese letztere Partie von $0,_{009}$ zu ersteigen reducirte man die Last auf die Hälfte und holte dann die andere Hälfte nach. Jedes Pferd machte 2 complete Touren, wobei es 34400^m durchlief, und zog 10 Wagen, bei jeder Tour also 5, jeder im Mittel 1400 Kil. schwer. Da die Strecke fast gerade ist, kann der Widerstands-Coefficient zu $0,_{005}$ angenommen werden.

Die ganze zwischen den Endpunkten zu ersteigende Höhe war $26^m,_{50}$, die entwickelte Arbeit ist also gewesen:

$$10 \,.\, 1400^k \,(7000^m \,.\, 0,_{005} + 26^m,_{50}) = 861000 \text{ Meterkil.}$$

Bei der Rückfahrt zogen dieselben Pferde auf einer Länge von 4700^m und bei einem durchschnittlichen Gefälle von $0,_{0031}$, 10 beladene Wagen zusammen Brutto 47000 Kil. wiegend, bei jeder Tour also 5. Der Widerstands-Coefficient war also im Mittel $0,_{005} - 0,_{0031} = 0,_{0019}$, also die Arbeit

$$47000^k \,.\, 4700^m \,.\, 0,_{0019} = 419710 \text{ Meterkil.}$$

Die gesammte Arbeit in beiden Richtungen war also 1,280,710 Meterkil. Das Hinaufziehen und Herabfahren von 10 Wagen wurde mit $4,_{75}$ Frcs. bezahlt, wesshalb das Meterkil. kostete $0,_{0000037}$ Frcs.

4) Gleichmässige Arbeit in beiden Richtungen.

Bousson schätzt die tägliche Arbeit des Pferdes in diesem Falle zu 1,440,000 Meterkil., entsprechend einem täglichen Wege von 28800 Metern bei einer mittleren Zugkraft von 50 Kil. Werden dann pro Pferd, incl. der Führung, 5 Frcs. bezahlt, so kostet das Meterkil. $0,_{0000035}$ Frcs. Die Geschwindigkeit, welche die Pferde bei dieser Belastung annehmen, rechnet er zu $1^m,_{10}$.

Die obigen Leistungen wurden von einem Pferde in einem wirklichen Arbeitstage geliefert, da aber der Unternehmer verpflichtet war, das Pferd von 6 Tagen einen ruhen zu lassen, so erhielt er für jeden Tag durchschnittlich nur $^5/_6 \,.\, 5$ Frcs. = etwa $4,_{20}$ Frcs. Man muss desshalb, wenn man durchschnittliche Leistungen pro Tag angiebt, die erhaltenen ebenfalls mit $^5/_6$ multipliciren. Der Preis pro Meterkil. wird sich nach dem localen Preise eines Tagelohns für Pferd und Führung desselben verändern.

Zugkraft und Leistungen bei grosser Geschwindigkeit.

Bis zum Jahre 1845 wurden auf der Roanne-St.-Etienne-Bahn die Reisenden mittelst Pferden, welche einen einzigigen Wagen zogen, befördert. Diese Wagen für Reisende nebst Gepäck und Messageriegüter konnten 40 Reisende fassen und hatten eine erhöhte Impériale, so dass dem Winde und Luftwiderstande eine erhebliche Fläche geboten wurde. Sie wogen leer 3800 Kil. Ihre mittlere Belastung bestand in 20 Reisenden mit Gepäck, zu 85 Kil. jeden gerechnet, giebt 1700 Kil. Ausserdem wogen die Messageriegüter in einer Richtung 600 Kil., und in der anderen (aufwärts) 200 Kil. Das mittlere Gewicht eines Wagens, welches nach der Grösse des Verkehrs zwischen $^1/_{10}$ mehr oder weniger variiren konnte, war also 6100 Kil. in der einen und 5700 Kil. in der anderen Richtung. Die Fahrgeschwindigkeit betrug regelmässig 18 Kilom. pro Stunde oder 5^m pro Secunde auf den schwachen Steigungen und 15 Kilom. auf Steigungen von $^1/_{100}$. Der Widerstand der Luft auf die isolirte Diligence

war schon merklich, und man hatte beobachtet, dass auf einem gleichmässigen Gefälle von $^6/_{1000}$ sie nur von selbst ins Laufen gerieth und eine Geschwindigkeit von $4-5^m$ per Secunde annahm, wenn ein fühlbarer Wind ihr von hinten zu Hülfe kam. Der Widerstand auf der Horizontalen und nach der schon beschriebenen Art der Tracirung der Strecke, konnte also zu 0,006 des Gewichts des Wagens angenommen werden.

1) In der Ebene zwischen Balbigny und Montrond variirte die Steigung von Horizontal bis 0,0024, und 2 Pferde, welche mit 5^m per Secunde liefen, machten täglich 2 Touren von 11 Kilom. jede, also eine Totalarbeit von

$$[6100^k\,(0{,}006-0{,}0012)+5700^k\,(0{,}006+0{,}0012)]\;11000^m$$
$$=773520 \text{ Meterkil.}$$

Die mittlere per Secunde entwickelte Arbeit betrug in jeder Richtung

$$6100^k\,.\,0{,}0048\,.\,5^m{,}00=29^k{,}28\,.\,5^m{,}00=146{,}40 \text{ Meterkil.}$$
$$5700^k\,.\,0{,}0072\,.\,5^m{,}00=41^k{,}04\,.\,5^m{,}00=205{,}20 \text{ Meterkil.}$$

Jedes Pferd lieferte also per Arbeitstag 386760 Meterkil. und entwickelte pro Secunde an Arbeit 73 bis 102 Meterkil. Sie waren aus der Gegend, und wie die Pferde der leichten Cavallerie gebaut. Auf diesem Relais wurden 5 Francs per Pferd und Tag bezahlt, wesshalb man hieraus entnehmen kann, dass auf Rampen von 0 bis 0,0024 und bei 5^m Geschwindigkeit kosten:

das Meter-Kilogramm .... 0,000013 Francs,
die Brutto-Tonne (à 1000 Kil.) auf 1 Kilom........ 0,07700 „
und die 5900 Kil. schwere Diligence auf 1 Kilom. = 0,455 „

Von Montrond bis la Renardière war die Entfernung von 15,500 Kilom. in zwei Relais von 7 und 8 Kilom. getheilt, wesshalb man in der Zeiteinheit mehr Arbeit von den Pferden erhalten konnte und eine Steigung von 4600^m Länge von $^6/_{1000}$ mit einer Geschwindigkeit, die nicht unter 15 Kilom. per Stunde sank, gewinnen konnte.

Im Ganzen bezahlte man zwischen Bernand und la Renardière auf 37500 Kilom. Länge und eine zu ersteigende Höhe von 70^m im Ganzen, für ein Mal hinauf und ein Mal herunter den Relais-Unternehmern 33 Francs. Die durchschnittlichen Kosten für das Meter-Kilogramm betrugen also:

$$\frac{33 \text{ Frcs.}}{5900^k\,.\,75000^m\,.\,0{,}006}=\frac{33}{26550000^{km}}=0{,}0000124 \text{ Frcs,}$$

pro Brutto-Tonne des Wagens und Kilometer 0,44 Francs, und pro Wagen und Kilometer 0,0745 Francs.

2) Sind die Relais kürzer und wendet man sehr starke Pferde an, so kann man, wie das folgende Beispiel zeigt, eine beträchtlich grössere Leistung per Zeiteinheit erhalten. Auf einer Steigung von $^1/_{500}$ versah ein Pferd während 5 Jahren den Dienst, indem es täglich 4 mal einen Wagen mit Passagieren, welcher Brutto 5500 Kil. wog, beförderte, und zwar zwei Mal aufwärts und zwei Mal abwärts. Es machte täglich einen Weg von 16000 Metern, aber in

4 Fahrten, deren jede nur 15 Minuten dauerte. Die entwickelte Arbeit war also

$$5500^k\ (0{,}008 + 0{,}004)\ .\ 8000^m = 528000 \text{ Meterkil.}$$

Die Arbeit, welche bei einer Geschwindigkeit von $4^m{,}5$ bei der Auffahrt verrichtet wurde, betrug pro Secunde

$$5500\ .\ 0{,}008\ .\ 4{,}50 = 44^k\ .\ 4^m{,}50 = 198 \text{ Meterkil.}$$

und bei der Herabfahrt

$$5500\ .\ 0{,}004\ .\ 4^m{,}50 = 22^k\ .\ 4^m{,}50 = 99 \text{ Meterkil.}$$

Dies ist ein Beispiel von Maximalleistung auf Kosten der Dauerzeit des Pferdes, und bemerkenswerth, weil diese Leistung regelmässig täglich während länger als 4 Jahren stattfand. Für so grosse Geschwindigkeiten wie 16 bis 18 Kilometer per Stunde, ist es, um dieser Geschwindigkeit sicher zu sein, rathsam, die Relais nicht zu lang zu machen. Für jede Tour bezahlte man für die Diligence 1,20 Francs, also

$$\text{pro Meter-Kilogramm } \frac{4{,}80}{528000} = 0{,}0000091 \text{ Francs,}$$

für den Wagen auf einen Kilometer 0,30 Francs und für Brutto-Tonne und Kilometer 0,0545 Francs.

3) Steigungen von $^1/_{100}$ mit 15 Kilometer Geschwindigkeit. Zwischen den Stationen l'Hôpital und St. Symphorien lag eine 7400^m lange Strecke, welche Curven von 2—300 Meter Radius, und nahezu ein gleichmässiges Gefälle von $^1/_{100}$ hatte, wobei eine Höhe von $68^m{,}70$ im Ganzen zu ersteigen war. Drei Pferde zogen mit einer Geschwindigkeit von 15 Kilom. pro Stunde oder $4^m{,}20$ pro Secunde die beladene Diligence hinauf und gingen leer wieder zurück.

Umstände, unter denen die Arbeit stattfand.	Mittlere Geschwindigkeit in Metern pro Sec.	Tägliche Zeit, während welcher das Pferd in Bewegung war. Stunden.	Mittlere Zugkraft, welche ausgeübt wurde. Kil.
Hingang und Rückgang mit gleicher Ladung	1,10	7,27	50
Auf der Rückkehr die halbe Ladung wie beim Hingange..	1,10 (angenommen)	8,66	50 44,65 leer
Auf dem Rückgange das Pferd ganz leer gehend. Steigung $^1/_{100}$	1,10	9,31	61,62
Auf dem Rückgange das Pferd ganz leer gehend. Steigung von 30 bis 50 auf Tausend......	1,10 (angenommen) auf $^1/_{20}$ nur 0,9	8,18	61,73
Auf der Rückkehr das Pferd ganz leer gehend. Mittlere Steigung $^{34}/_{1000}$	2,20	2,41	57,52
Auf der Rückkehr ganz leer gehend. Steigung $^1/_{100}$......	4,20	1,96	29,00
Nach beiden Richtungen beladen. Schwache Steigungen.......	5,00	1,22	17,58

Die Arbeit jedes Pferdes pro Tag, welches zwei Mal die Tour aufwärts machte, war also $\frac{2}{3} \cdot 5700^{k} (7400^{m} \cdot 0{,}006 + 68^{m}{,}70) = 429780$ Meterkil., und die Arbeit, welche ein Pferd auf einer Länge über 6 Kilom. pro Secunde verrichtete, war

$$\frac{1}{3} \cdot 5700^{k} \cdot 0{,}016 \cdot 4^{m}{,}20 = 30^{k}{,}4 \cdot 4^{m}{,}20 = 127{,}68 \text{ Meterkil.}$$

Der bezahlte Preis für dies Relais betrug 14,40 Frcs. im Mittel also 4,80 Frcs. pro Pferd. Der Preis pro Meterkil. betrug also

$$\frac{4{,}80}{429780} = 0{,}0000112 \text{ Frcs.}$$

und pro Wagen und Kilometer 0,97 Frcs. und pro Brutto-Tonne und Kilom. 0,17 Frcs.

Letztere Preise reduciren sich auf die Hälfte, wenn man berücksichtigt, dass die Wagen durch ihr Eigengewicht von selbst die Steigung herunterliefen.

4) Steigungen von $\frac{3}{100}$ bis $\frac{5}{100}$ mit 8 Kilom. Geschwindigkeit. Auf der Steigung zu Neulize liefen die Pferde auf $\frac{3}{100}$ im Trab mit 8 – 10 Kilom. pro Stunde, und auf $\frac{5}{100}$ gingen sie im Schnellschritt von $1^{m}{,}20$ pro Secunde.

Man gebrauchte 4 Pferde vor der Diligence und bezahlte für jede hinaufgebrachte 5,60 Frcs. Die zu entwickelnde Arbeit war im Mittel ähnlich wie vorhin bei dem Gütertransport auf derselben Strecke:

$$5900^{k} (2700^{m} \cdot 0{,}005 + 92^{m}) = 622450 \text{ Meterkil.}$$

Der für das Meterkilogramm zu zahlende Preis betrug also 0,000009 Frcs., also ungefähr das Doppelte des Preises bei geringer Geschwindigkeit, welcher 0,00000505 Frcs. war. Die gefundenen Resultate Boussons sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt und können, da sie auf einem mehrjährigen Betriebe beruhen, für zuverlässig angesehen werden.

Vorgekommene Zugkräfte an verschiedenen Stellen des Weges.	Täglich im Ganzen vom Pferde gemachter Weg. Meter.	Arbeit pro wirklichen Arbeitstag des Pferdes in Meterkil.	Arbeit pro Tag in hannov. Centner-Meilen.	Bezahlter Preis für ein Meterkil. in Francs.
—	28800	1440000	3,673	0,0000035
—	17200^{m} aufwärts 9400^{m} abwärts 7800^{m} Zus. 34400^{m}	1280000	3,265	0,0000037
65,10	37000	1140000	2,908	0,0000043
86,18 (auf $\frac{1}{20}$) bei $0^{m}{,}9$ Geschw.	32400	1000000	2,551	0,000005
—	19124	550000	1,403	0,000009
30,4	29600	429780	1,096	0,0000112
14,64 20,52	22000	386760	0,987	0,0000124

Resumé. Aus dem Vorhergehenden schliesst Bousson, dass man auf schwachen Steigungen einer Eisenbahn von 0 bis 5 oder 6 Millimeter pro Meter mit gewöhnlichen Pferden regelmässig Geschwindigkeiten von 18 Kilom. erhalten kann, und wenn man die Relais nicht über 6 Kilom. lang macht, kann man auf einen täglichen Weg von 24 Kilom. und eine Leistung von 400000 Meterkil. im Mittel rechnen zu einem Preise von 0,0000125 Frcs. per Meterkil.

Wird die Steigung stärker, und geht das Pferd leer zurück, so kann dasselbe im Ganzen 28 bis 30 Kilom. machen, aber die Nutzleistung bei $4^{m},_{20}$ Geschwindigkeit per Secunde ist etwa 430000 Meterkil. und der Preis des Meterkil. ist 0,0000112 Frcs.

Auf starken Steigungen von $^{30}/_{1000}$ und beim Schnellschritt mit einer Geschwindigkeit von 2^{m} bis $2^{m},_{20}$ per Secunde beträgt die Leistung 5—600000 Meterkil., und der Preis des Meterkilogramm reducirt sich auf 0.000009 Frcs. Nach Maassgabe wie sich also die Geschwindigkeit verringert, und sich derjenigen nähert, bei welcher das Pferd die Maximalleistung entwickeln kann, verringern sich auch die Kosten der Meterkil.

Die gesammten Betriebskosten für den Betrieb mit Pferden finden sich in dem citirten Artikel von Bousson ebenfalls angegeben*).

Capitel III.

Von der Beschaffenheit des Terrains.

1) Beschaffenheit des Terrains im Allgemeinen und Benennungen.

Bei Betrachtung einer Karte, auf welcher man irgend eine Strasse projectiren will, bemerkt man sogleich, dass in keinem Falle die Oberfläche ganz eben ist, vielmehr findet sich in grossen Zügen die Abdachung des Terrains durch den Lauf der Gewässer ausgedrückt, welche nach verschiedenen Richtungen fliessen. Das feste Land ohne Erhöhungen und Vertiefungen nennt man Ebene, welche auf grössere Ausdehnung horizontal oder geneigt sein kann, und man unterscheidet je nach der Höhe über dem Meere Tiefebenen und Hochebenen. Die hervorragenden Theile der Erdoberfläche nennt man Erhöhungen, Hügel oder Berge, Hügelketten, Bergketten, und man unterscheidet an ihnen den unteren Theil oder Fuss, den mittleren Theil oder Hang, und den oberen am weitesten sichtbaren Theil Krone, Kuppe, Platte (wenn flach und eben), Gipfel, Spitze, Horn oder Nadel und wenn lang und schmal: Forst, First, Kamm oder Rücken.

*) Bousson's Abhandlung; auch übersetzt im Auszuge in Civil-Ingenieur 1865. pag. 39 etc.

Der Hang ist oft gerade, gewölbt, buchtig, hohl, und wird, wenn man ihn nicht ersteigen kann, Wand genannt. Es sind wohl folgende Abstufungen vorgeschlagen, wenn der Böschungswinkel beträgt:

0 — 3°, unmerklich ansteigend
3 — 6°, sanft
6 — 12°, ziemlich stark
12 — 24°, stark
24 — 36°, steil
36 — 48°, jäh
48 — 60°, schroff
60 — 90°, sehr schroff
über 90°, überhängend.

Andere wählen folgende Ausdrücke:

0 — 6°, flach
6 — 18°, mässig
18 — 20°, steil
30 — 48°, jäh
48 — 90°, prallig
90° und darüber: saiger.

Saum heisst die Grenze zwischen dem obersten Theil der Erhöhung und dem Hange, indessen ist derselbe nicht immer zu unterscheiden, da Krone und Hang oft ineinander übergehen. Man unterscheidet noch Hügelflächen (mehr als 500, weniger als 1000 Fuss über dem Meere), Bergflächen (bis 1000 Fuss), Hochflächen über 1000 Fuss; wenn unter 100 □ Meilen Hügellandschaften, Berglandschaften und Hochlandschaften, und wenn über 100 □ Meilen Tafelländer, niedrige (500 Fuss), mittelhohe (500 — 1000 Fuss), hohe (1000 Fuss und mehr).

Eine Gruppe von bei- und nebeneinander liegenden Bergen nennt man Gebirge, und die Stellen wo Gebirgsrücken eingesenkt und weniger hoch als ihre Umgebung sind, werden: Joche, Sättel, Furkas, Cols, Pforten, Scheidecken, Pässe u. s. w. genannt.

Den Gegensatz zu den Erhöhungen bilden die Vertiefungen. Kleine Vertiefungen, welche das Wasser in die Hänge erdiger Anhöhen gespült hat, nennt man Risse oder Rinnen; wenn eng, und in Felsen, unten scharf zusammenlaufend: Klüfte oder Spalten. Wenn beträchtlich lang und breit, heissen sie Senkungen. Wenn sehr tief und die Seiten aus Erd-, Thon- oder Felsenwänden: Schluchten. Thal wird eine grosse von beträchtlichen Anhöhen, Bergen oder Gebirgen gebildete Vertiefung genannt. Landthal wenn von Landhöhen und Gebirgsthal wenn von Gebirgen eingeschlossen. Oben im Thal stehend und abwärts sehend unterscheidet man die rechte und linke Seite. Ein Thal, welches mit der Längenrichtung eines Gebirges oder Gehügels

gleichlaufend ist, nennt man Längenthal, und Thäler, deren Richtung die Breitenrichtung des Längsthals durchschneidet, nennt man Querthäler.

Man hat bei den Längenthälern die drei Formen der Muldenthäler, Spaltungsthäler und Scheidungsthäler unterschieden, deren verschiedene Natur die nachstehende Figur (Fig. 12) erläutert. Während die Steigung der Seitenhänge der Muldenthäler, z. B. in den Alpen, selten 15° überschreitet, und in niederen Gebirgen meist noch viel geringer ist, sind die durch die Schichtenköpfe gebildeten Einhänge der Spaltungs- und Scheidethäler viel steiler.

Fig. 12.



a) Muldenthal; die Thalgehänge werden durch die Schichtenrücken gebildet.

b) Spaltungsthal; die Thalgehänge werden durch die Schichtenköpfe gebildet. Die hebende Masse P bildet die Thalsohle oder liegt wenigstens unter ihr.

c) Scheidethal; auf der einen Seite Schichtenrücken, auf der anderen Schichtenköpfe. Geröllablagerungen bei d machen es wahrscheinlich, dass das Thal durch Erosion entstanden ist; dagegen ist e ein durch Hebung entstandenes Scheidethal.

Querthäler sind kürzer als die Längsthäler, und ihre Thalsohle steigt weit rascher auf. Charakteristisch ist für die Querthäler die Abwechselung von engen und stärker geneigten Thalengen und Schluchten mit weiten flachen Becken (Thalerweiterungen), welche rings von hohen Bergen kesselartig eingeschlossen sind.

So z. B. sind in den Alpen das Thal der Rhone (Wallis), das Thal des Vorderrheins (Graubünden), und das Innthal: Längenthäler. Das Reussthal (Uri), das Lintthal (Glarus), das Thal des Tessin und der Etsch: Querthäler.

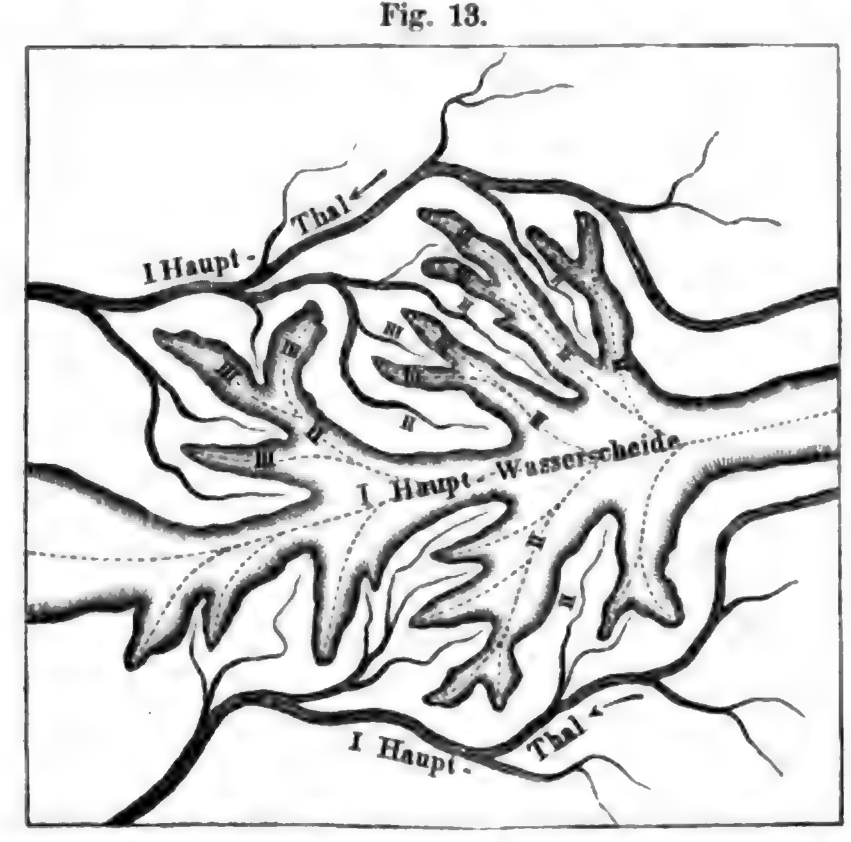
Jedes Thal liegt in seinem Ursprunge am höchsten und die Abweichung der Thalsohle von der Horizontalen wird der Fall oder das Gefälle genannt. Ein Thal, in das von den Seiten her kleine Thäler oder Schluchten münden, wird ein Hauptthal genannt, während die kleineren in ein grösseres Thal ausgehenden auch Nebenthäler heissen. Nachbarthäler werden die an einem oder demselben Höhen- oder Gebirgszuge liegenden Thäler genannt, die in einem gemeinschaftlichen Saum, der Wasserscheide, zusammentreffen.

Vergleicht man nun auf der Karte oder in der Natur den Lauf zweier Ströme, so findet man, dass zwischen ihnen stets ein Gebirge oder ein abgeflachter Bergrücken liegt. Von diesem Bergrücken fliessen an beiden Seiten

abwärts Bäche, welche sich mit der Entfernung vom Berge verstärken und Flüsse werden, die sich in grössere Ströme, welche endlich ins Meer münden, ergiessen. Man nennt diesen Bergrücken daher Wasserscheide, welches Wort sich selbst erklärt, und es folgt, dass zwischen zwei Wasserscheiden ein Thal liegen muss. Der Pass bildet dann den oberen Endpunkt des Thals, und zu beiden Seiten desselben liegen meistens Erhöhungen in der Wasserscheide, welche den Anfang der gegen die Hauptwasserscheide stossenden Wasserscheiden nächster Ordnung bilden.

Die Wasserscheiden kann man nach Figur 13 eintheilen in Hauptwasserscheiden (I), secundäre (II) und tertiäre (III), u. s. w., und entsprechend die Thalwege.

Fig. 13.



Die Wasserscheiden sind stets in derselben Richtung geneigt wie der Thalweg, sie laufen immer bis zum Zusammenfluss der Gewässer, welche sie scheiden, und werden immer niedriger, je kleiner die Gewässer sind. Das Gefälle der Wasserscheiden (III) ist stärker als das von (II), und das Gefälle der Hauptwasserscheiden (I) ist am schwächsten.

Bei einer horizontal liegenden Bergkette, deren einfachste Form in den Figuren 14, 15 und 16 versinnlicht, würde das Wasser nach CD normal gegen

Fig. 14.

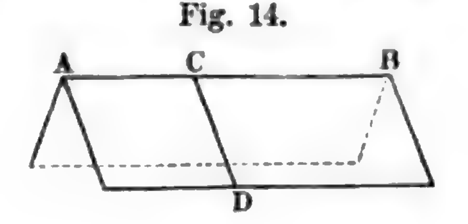
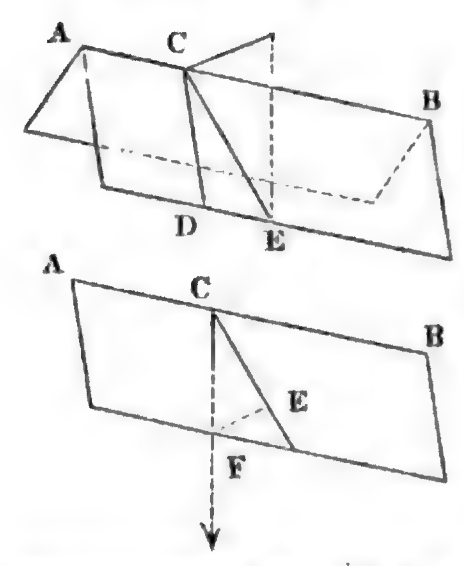


Fig. 15 u. 16.



AB herabfliessen; bei einer geneigten nach CE, der Linie des stärksten Gefälles. Letztere findet man, wenn von irgend einem Punkte einer zur Ebene des Hanges normalen Linie ein Perpendikel gefällt wird, welches die Ebene in E trifft, oder wenn man von C ein Loth CF sich denkt, und von einem Punkte F der Lothlinie eine Normale gegen den Hang errichtet. Nach dieser Linie des kürzesten Gefälles würde das Wasser vom Hange herabfliessen, da sie unter allen Linien, die durch C in der Ebene des Hanges gezogen werden können, den kleinsten Winkel mit der Vertikalen macht. Sind die Hänge gekrümmt, so wird also die Linie des stärksten Gefälles eine Curve sein müssen. Bei Seitenthälern, welche durch Erosion entstanden sind, erklärt es sich nach dem Obigen, wesshalb sie, falls die Wasserscheide, von welcher sie dependiren, stark geneigt ist, unter einem spitzeren Winkel gegen Letztere stossen mit ihren zugehörigen Wasserscheiden, als im Falle wo die Hauptwasserscheide weniger stark in ihrer Längenrichtung fällt.

Die Wasserscheiden pflegen um so weniger hoch zu sein, je näher die Quellen der Gewässer, welche sie scheiden bei einander liegen, z. B. die Else fliesst bei Löhne (an der hannov. Westbahn) in die Werre und mit dieser bei Rehme in die Weser. Die Haase gehört zum Flussgebiet der Ems, in welche hinein sie bei Meppen fliesst und entspringt im Teutoburger Walde. Etwas oberhalb des Dorfes Gesmold theilt sich der Fluss in zwei Arme, von denen der eine Namen und Richtung beibehält, der andere fast unter einem rechten Winkel, östlich aus dem Hauptflusse tretend, Else genannt wird. Hieraus folgt, dass diese Wasserscheide der Weser und Ems an jener Stelle ausserordentlich flach ist, und in der That hat die Eisenbahn von Löhne nach Osnabrück auf dieser Wasserscheide sehr günstige Steigungen.

Im Paderbornischen und Rietbergischen entleeren sich Bäche, welche bei gewöhnlichem Wasserstande dem Emsbecken angehören, bei Hochwasser nach

der Lippe. Das Georgenthaler Flösswasser bei Gotha führt einen bedeutenden Antheil des Wassers der Apfelstädt, eines Zuflusses des Elbgebietes, durch die Leine, Nassa, Hörsel, Werra zur Weser; aus dem Obrabruch laufen die Wasser zur Oder und zur Warthe ab; die Masurischen Seen fliessen gleichzeitig gegen Norden nach dem Pregel, gegen Süden nach dem Narew (Weichsel) ab[1].

In den Pässen oder den Vertiefungen neben Culminationspunkten der Wasserscheide finden sich oft Sümpfe und wasserreiches Terrain, welche von dem Wasser, das auf die anliegenden Höhen fällt, gespeist werden. So fliessen von einem Passe der White mountains der Saco in Long Island Sound und der Ammonoosuc in den atlantischen Ocean. Von verschiedenen Pässen des Alleghany Gebirges, welches von Norden nach Süden gerichtet ist, fliessen Flüsse westlich in den Mississippi und in die grossen Seen, östlich in den atlantischen Ocean. Bei den an den Culminationspunkten der Rocky mountains entspringenden Flüssen bedürfte es nur geringer Veranlassungen, um deren Wasser entweder in den Missouri und von da mittelst des Mississippi in den Golf von Mexico zu schicken oder es durch den Oregon (Columbia) in den atlantischen Ocean zu senden. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich im kleinen Maassstabe bei jeder Wasserscheide nach heftigem Regenfalle[2].

Die Oberfläche, welche dem Fluss oder Bach ihr Wasser zuschickt, nennt man das Fluss- oder Bachgebiet auch Niederschlagsgebiet, und sie ist nicht der Länge des Gewässers proportional, sondern hängt von der Terrainbeschaffenheit und Formation des Landstriches ab, durch welchen der Fluss fliesst. Im gebirgigen Terrain (wo viele Wasserscheiden vorhanden) wird das Niederschlagsgebiet bei gleicher Länge kleiner sein als in der Ebene, indessen werden wegen des stärkeren Gefälles im Gebirge bei Hochwasser diese kleineren Becken pro Quadratmeile des Niederschlagsgebiets mehr Wasser liefern, als die der grossen Flüsse in den Thalebenen, wo die Zuflüsse langsamer, weil mit weniger Gefälle erfolgen. Die Länge der Schluchten und Becken, worin eine Quelle fliesst, ist in der Regel 50⁰ bis ½ Meile. Die Querthäler und Schluchten führen wegen ihres stärkeren Gefälles, und weil oft in kurzer Zeit grosse Schneemassen in ihnen aufgehen und der Boden häufig nicht durchlässig ist, bedeutende Wassermassen in kurzer Zeit ab.

Das Gefälle von der Quelle bis zur Mündung gleicht daher einer gekrümmten concaven Linie, deren Tangenten am obern Theil des Thales am steilsten sind.

Folgendes sind die Längen der Bäche und Flüsse, wie sie im grossen Durchschnitt den Breiten des Bettes (bei mittlerem Wasserstande) entsprechen, und deren Gefälle:

---

[1]) Aus Statistik des zollvereinten und nördlichen Deutschlands von v. Viebahn, 1858, woselbst sich zahlreiche Angaben über Länge, Breite und Gefälle, wie Höhenlagen deutscher Flüsse finden.

[2]) Vergl. auch Guthe, Geographie a. a. O., pag. 47.

10 bis 15 Fuss	Bach aus einer Quelle	$^1/_4$ bis 8	Meilen,
50 bis 300 Fuss	kleinere Flüsse	2 bis 20	„
1000 bis 1600 Fuss	grössere Flüsse	10 bis 60	„
2000 bis 3000 Fuss	Ströme	100 bis 110	„

Die grössten europäischen Flüsse bis zu 460 Meilen lang.

Quellen und Schluchten	$\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{20}$	Gefälle,
kleine Bäche	$\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{200}$	„
grössere Bäche	$\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{500}$	„
Flüsse	$\frac{1}{300}$ — $\frac{1}{3000}$	„
Ströme	$\frac{1}{3000}$ — $\frac{1}{12000}$	„
Ströme am Meere	$\frac{1}{20000}$ — $\frac{1}{24000}$	„

indessen haben in aufgeschwemmtem flachen Terrain Bäche oft nicht mehr Gefälle als Flüsse im Gebirge.

Folgende Zusammenstellung giebt die Länge verschiedener europäischer Flüsse nach geographischen Meilen, das Niederschlagsgebiet in geogr. □ Meilen und die durchschnittliche Breite an[1]). Man sieht daraus, dass bei gleicher Länge die Breite des Gebiets um so geringer wird, je gebirgiger der Landstrich, in welchem der Fluss fliesst, und dass das Gebiet um so breiter wird, je mehr der Fluss in der Ebene befindlich, was erklärlich ist.

Länge. Meilen.		Gebiet. □ Meilen.	Breite des Gebiets im Durchschnitt. Geogr. Meilen.
460	Wolga	30500	66
381	Donau	14420	38
Länge 150—250 Meilen.			
214	Don	7960	37
240	Dniepr	8540	35
200	Dwina	5900	29
190	Rhein	4700	25
190	Ural	4700	25
Länge 115—150 Meilen.			
144	Weichsel	3664	25
145	Düna	3200	22
150	Peczora	3050	20
155	Elbe	2900	20
132	Loire	2540	19
120	Oder	2100	18

Länge. Meilen.		Gebiet. □ Meilen.	Breite des Gebiets im Durchschnitt. Geogr. Meilen.
Länge 92 bis 115 Meilen.			
110	Dniestr	2500	22
104	Duero	2300	22
95	Po	1468	16
109	Rhone	1243	11
115	Niemen	1000	9
105	Warthe	831	8
Länge 80 bis 90 Meilen.			
80	Garonne	1440	18
92	Ebro	1225	13
91	Seine	1240	13
80	Main	730	9
80	Drau	328	4
Länge 60 bis 80 Meilen.			
68	Weser	1220	18

[1]) Nach Hoffmann, die Erde und ihre Bewohner. 5. Aufl. 1838.

Länge. Meilen.		Gebiet. □ Meilen.	Breite des Gebiets im Durchschnitt. Geogr. Meilen.
67	Inn	857	13
60	Mur	229	3,8
Länge 40 bis 60 Meilen.			
55	Moldau	586	11
47	March	461	10
45	Havel	479	10
50	Saale	393	8
45	Neetze	253	5,6
51	Ems	243	4,8
46	Themse	228	4,9
53	Neckar	193	3,6
47	Isar	171	3,7
48	Spree	173	3,6
47	Eger	124	2,7
42	Salza	106	2,5
Länge 20 bis 40 Meilen.			
33	Aller	316	9,6
27	Leine	142	5,3
32	Lahn	150	4,7
34	Mulde	130	4
34	Bober	119	3,5
26	Sazawa	93	3,6
30	Neisse	95	3,1
28	Beraun	85	3
33	Lech	108	2,8
28	Elster	70	2,5
22	Bartsch	55	2,2
Länge 15 bis 20 Meilen.			
15	Pleisse	75	5
12	Katzbach	40	3,3
14	Weissritz	39	2,8
15	Queiss	24	1,6

Beispielsweise mögen die Zahlen angeführt werden, welche **Lahmeyer**[1]) aus Beobachtungen einiger Flüsse des nordwestlichen Deutschlands anführt.

Es kommen per Secunde auf die Quadratmeile Cubikfuss Wasser:

	Für den niedrigsten Wasserstand.	Für den höchsten Wasserstand.	Ungefähres Verhältniss zwisch. niedrig u. hoch.
nahe den Quellen in gebirgigen Gegenden .	5½—6	600—700	120
in bergigen und hügeligen Gegenden	4½	450—550	100
		350—400	90
im flachen Lande. .	4	250—300	70

indessen sind diese Zahlen nur local und weichen von anderen ganz erheblich ab. Hiervon wird später bei Gelegenheit der Bestimmung von Brückenweiten ausführlicher die Rede sein.

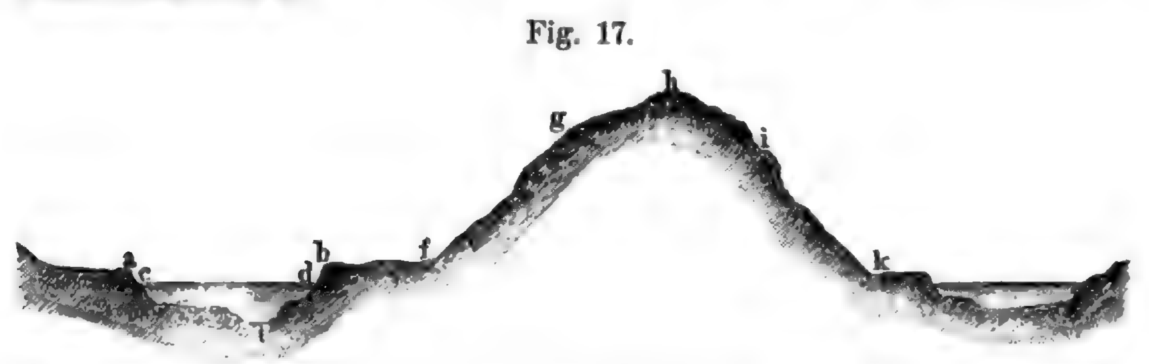
Betrachten wir nun die Verhältnisse, die etwa, um das Beispiel nicht complicirt zu machen, bei Bächen oder kleinen Flüssen statt haben, so finden wir mit Hülfe der früheren Bezeichnungen, wenn wir einen Durchschnitt zeichnen, nach dem Schema in umstehender Figur (Fig. 17) das Folgende: ab ist das **Bett des Flusses**, cd der **Wasserspiegel**, ac, bd das **Bach- oder Flussufer**, die tiefste Stelle t des Bettes: der **Thalweg** (**Stromrinne**), bf

---

[1]) Zeitschrift des hannov. Architekten- und Ingenieur-Vereins. 1859, pag. 228.

die Thalebene, fg die Thalwand oder der Hang, gh der Bergrücken. Vom Punkte h kann das Wasser, was dahin fällt, nach g oder i fliessen, wesshalb also die Vereinigung dieser Punkte h nach der Länge des Rückens die Wasserscheide ist.

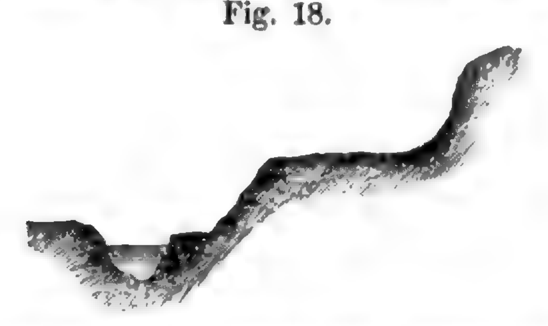
Fig. 17.



Die Wasserscheiden selbst haben ebenfalls Gefälle, und bilden wellenförmige Linien, die bald steigen, bald fallen. Das allgemeine Gefälle der Wasserscheide selbst (in ihrer Längenrichtung), wenn man zwei entfernte Punkte mit einander verbindet, ist im Hochgebirge von 4 bis 5°, im niedrigen Gebirge höchstens 1—2°, für Wasserscheiden von Bächen 5—10°, bei Schluchten noch beträchtlicher. Die einzelnen Theile der Länge haben aber wegen der wellenförmigen Gestalt der Wasserscheide oft ein beträchtlicheres Gefälle.

Von dem obigen Profile kommen Abweichungen vor (Fig. 18). Zuweilen hat die Thalwand, nachdem sie auf eine Höhe steil gestiegen, plötzlich wieder

Fig. 18.



ein schwaches Gefälle, oder bildet sogar eine Horizontale und steigt dann wieder plötzlich zur Wasserscheide hinauf. Diese Ebene zeigt sich zu beiden Seiten des Thals und scheint in früheren Zeiten, ehe das Wasser den Thalweg ausarbeitete, die frühere Thalebene gewesen zu sein, wesshalb man sie auch wohl Hochufer nennt.

Wasserscheide und Thalweg, Thalebene und Thalwand sind die Theile des Terrains, welche bei Projectirung von Communicationen am meisten genannt werden. Bei grösserer Entfernung vom Ufer ist das obige Profil nicht mehr so deutlich zu erkennen; die Thalebenen werden in weiten und grossen Thälern oft sehr ausgedehnt und erheben sich in sanfter Steigung zum Bergrücken h (Fig. 19), so dass die Thalwand mehr verschwindet und der Saum g nicht ausgeprägt ist. Die einzelnen Theile eines solchen Terrainprofils sind in ihren

Fig. 19.



Massen und Bestandtheilen verschieden gebildet, je nachdem sie den Quellen näher oder ferner liegen. Die reissendsten Bäche fliessen über Fels und Gerölle von $\frac{1}{2}$ — 30 Cubikfuss Grösse, welches früher heruntergewälzt, häufig verwittert ist, und dessen Zwischenräume gewöhnlich mit angeschwemmter Erde ausgefüllt sind. So wie die Bäche und Flüsse in ihrem Gefälle abnehmen, wird das Gerölle kleiner, indem das Wasser an Kraft verliert es mit sich fortzuwälzen, und es werden immer kleinere Steine fortgewälzt, bis sich am Ende des Flusslaufs Kies und zuletzt nur Sand findet, der das Bett der Flüsse bis zur Mündung bildet, zu welcher noch die feinsten Sinkstoffe, welche einen Bestandtheil des Schlicks bilden, fortgeführt werden, die, wenn beim Wechsel der Fluth und Ebbe das Wasser zum Stillstande gelangt, auf den Ufern sich niederlegen.

Die Felsarten, aus welchen das Gebirge besteht, haben auf die Gestalt der einzelnen Theile desselben einen merklichen Einfluss, und man kann bei grösserer Uebung und mit geognostischen Kenntnissen ausgerüstet, häufig aus der Form der Gebirge auf ihre Formation, und umgekehrt schliessen. Im Allgemeinen nimmt die schroffe senkrechte Felsenform in dem Verhältnisse ab, wie die schieferige Textur der Gebirgsarten, insbesondere ihre Verwitterbarkeit zunimmt; durch Schichtung und Schieferung wird der Zeit das Werk der Zerstörung erleichtert, und die Abrundung des Eckigen und Scharfkantigen erfolgt leichter [1]).

Geognostische Kenntnisse sind für Wegebautechniker von grosser Wichtigkeit, weil die geognostischen Verhältnisse einer Gegend, die Lagerungsverhältnisse der Formationen, die grössere oder geringere Verwitterbarkeit der Gebirgsarten, bei Projectirung von Strassenlinien als wichtige Umstände in Betracht kommen, weil ferner dieselben beurtheilen lassen, ob sich wahrscheinlich brauchbare Materialien für den Strassenbau vorfinden werden.

2) Beurtheilung der Beschaffenheit des Terrains aus dem Laufe der Gewässer.

Aus dem Laufe der Gewässer und der Configuration der Wasserscheiden und Thäler kann man nun die höchsten und tiefsten Punkte des Terrains an-

---

[1]) Vergl. Umpfenbach. Theorie des Neubaues etc. der Kunststrassen. 1830. pag. 9; auch Guthe's Lehrbuch der Geographie, pag. 28, wo verschiedene Gebirgslandschaften abgebildet sind.

nähernd mittelst einiger Regeln, welche im Allgemeinen für zutreffend gelten können, finden, und schon in die Karte die zweckmässige Lage der Linie eintragen. Diese Fundamentalregeln sind folgende.

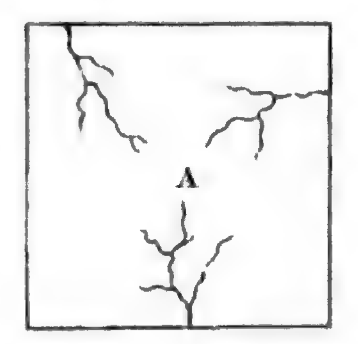
1) Die Wasserscheiden sind immer in derselben Richtung geneigt, wie der Thalweg.

2) Wenn an einer Stelle einer Haupt-Wasserscheide zwei Wasserscheiden der nächsten Ordnung sich treffen, so ist diese Stelle die höchste gegen die anliegenden.

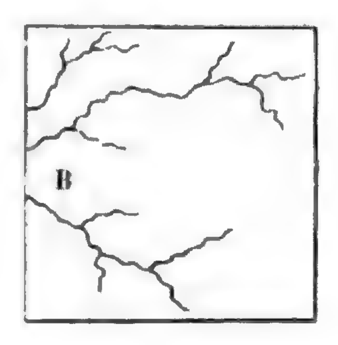
3) Wenn an einer Wasserscheide sich zwei Thäler oder Thalwege treffen, so hat diese Stelle die geringste Höhe gegen die anliegenden.

4) Treffen an einer Stelle der Hauptwasserscheide eine Wasserscheide und ein Thalweg zusammen, so bleibt der Fall unentschieden.

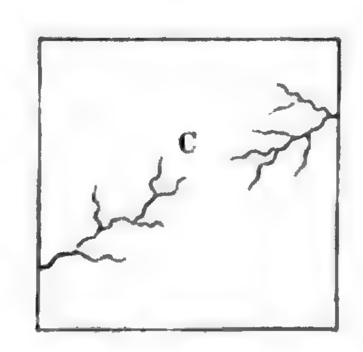
Ferner lassen sich noch folgende Beispiele anführen.



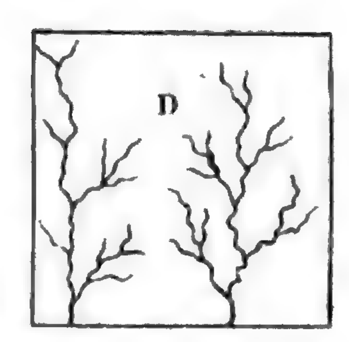
A. Wenn mehrere Gewässer von einem Punkte A divergirend auseinander fliessen, so ist dieser der gemeinschaftliche Ursprung und daher am höchsten.



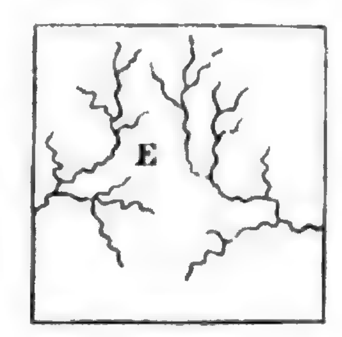
B. Umgekehrt, wenn alle Gewässer convergirend nach einem Punkte B hinfliessen, ist dieser der niedrigste in der auf der Karte B angegebenen Situation.



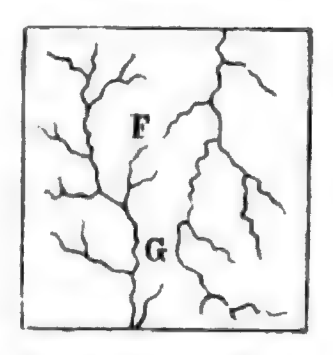
C. Fliessen zwei Gewässer wie bei C in entgegengesetzten Richtungen, so sind dort die höchsten Stellen der resp. Thäler dieser Gewässer, welche hier Wasser von höher gelegenem Terrain empfangen, oder mit anderen Worten: Beide Ströme werden durch eine Wasserscheide getrennt, in welcher bei C eine Senkung ist, welche daher den geeigneten Punkt zu einem Uebergange bildet.



D. Fliessen zwei Gewässer einander nahezu parallel und in derselben Richtung, so hat die Wasserscheide dasselbe allgemeine Gefälle und dieselbe Richtung. Nähern sich aber die Quellen der kleinen Nebenflüsse wie bei D oder die Gewässer selbst, so ist eine Senkung der Wasserscheide also ein geeigneter Punkt zum Uebergange zu vermuthen.



E. Fliessen zwei Gewässer in derselben Richtung eine Strecke parallel oder convergirend und dann wieder bei E auseinander, so ist dort eine niedrige Stelle der Wasserscheide.



F. Fliessen zwei Ströme im Allgemeinen parallel, aber in entgegengesetzten Richtungen, so ist ein niedriger Uebergang in der Wasserscheide, zwischen den Quellen beider gelegen, oder auch dort, wo sich die Flüsse selbst oder die Quellen der Nebenflüsse nähern.

Der Anfänger wird gut thun, Karten, worin Chausseen und Eisenbahnen verzeichnet sind, zu studiren, um daraus zu ersehen, dass auch ohne Angabe der Gebirge auf diesen Karten der Lauf und Zusammenhang der Gewässer die erforderlichen Anhaltepunkte für die Linie gegeben haben würden.

Capitel IV.

Alignement und Profil der Strassen.

1) Hülfsmittel beim Projectiren, Maassstab der Karten u. s. w.

Es werden sich im Folgenden die Anforderungen ergeben, denen das Längenprofil und das Alignement einer zweckmässig gewählten Strasse entsprechen müssen.

Die Hauptrichtung der Strasse und die zu berührenden Orte sind gewöhnlich aus anderen Gründen schon gegeben und es handelt sich um zweckmässige Verbindung dieser Punkte, und zwar im Allgemeinen: Auf dem kürzesten Wege mit zweckmässigen Steigungen und angemessenen Baukosten. Zuvor sind die Hülfsmittel anzugeben, deren man zur Projectirung bedarf.

Auf Generalkarten eines Landes von $^1/_{2{,}000{,}000}$ sind die Hauptstrassen schon zu ersehen, auf $^1/_{500{,}000}$ schon alle wichtigen Strassen und Hauptpunkte. Auf Karten von $^1/_{50{,}000}$ schon Situation der einzelnen Orte, aber nicht kleinere Dimensionen als 500 bis 100 Fuss darstellbar.

Papensche Karte von Hannover 1 : 100000.

a. Uebersichtskarten: Hannoversche Wegbau-Anweisung $^1/_{32000}$ und $^1/_{1000}$ für die Höhen. Frankreich $^1/_{20000}$. England $^1/_{15840}$ (oder 4 Zoll auf 1 engl. Meile = 5280 Fuss engl.).

Hannoversche Eisenbahn-Karten für ganze Bahnzüge $^1/_{50000}$; Längenprofil auch $^1/_{50000}$, und $^1/_{2000}$ für die Höhen. Ferner bei Eisenbahnen, Karten behuf erster Aufnahme der Bahnlinie $^1/_{10000}$; Längenprofil $^1/_{10000}$; Höhen $^1/_{200}$.

b. Expropriationskarten beim Eisenbahnbau $^1/_{2000}$; Profilhöhen dazu $^1/_{200}$. Wenn schwierige Situation 1 : 1000. Hannoversche Wegbauanweisung $^1/_{1600}$, bei complicirten Oertlichkeiten $^1/_{500}$.

c. Arbeitsprofile beim Eisenbahnbau behuf Berechnung der Erdarbeiten, Längen $^1/_{5000}$. Höhen $^1/_{200}$. Hannoversche Wegbauanweisung resp. $^1/_{2304}$ und $^1/_{144}$ *).

Die Karten behufs Bestimmung des Alignements müssen für diesen Zweck wichtige Gegenstände, z. B. Ortschaften, einzelne Gebäude, Gewässer, Brücken, Wege, Obrigkeits- und Feldmarksgrenzen, Culturverhältnisse, Grenzen einzelner Grundstücke, Namen der Eigenthümer enthalten. Auch die Magnetnadel.

Grundrisse der Zubehörungen im grösseren Maassstabe, $^1/_{500}$ — $^1/_{100}$, z. B. für die vorkommenden Brücken-Projecte: die Lage des Gewässers, den Anschluss der Wege, Dämme und die sonstigen Umgebungen etc.

Im Profil die Stationen von 10^0 oder auch 5^0, auf eine festgesetzte Horizontale unter den tiefsten Punkt des Längendurchschnitts gelegt, zu beziehen. (Nullpunkt eines Pegels, Sockel von Gebäuden, Brücken, etc.)

In Hannover waren beim Wegebau die Vorschriften zur Herstellung des Längenprofils nach der technischen Anweisung von 1860 folgende:

Zur Profillinie ist die Höhe der Kantensteine zu nehmen, und im Längenprofile sind Längen $^1/_{2304}$, Höhen $^1/_{144}$ anzugeben:

a. unter der Horizontalen: die Stationsnummern schwarz (arab.), alle 50^0 grösser roth (arab.) Die $^1/_4$ Meilen mit arab. Ziffern, die ganzen mit röm. Ziffern. Stationen 10^0 im Flachlande, 5^0 im Gebirgs- oder Hügellande;

b. neben jeder Höhenlinie, zunächst an der Horizontalen: Terrainhöhe schwarz (arab.), ebenso auch Auf- und Abtragshöhen, die Wegehöhe roth (arab.); die durchschnittenen Gewässer, und zwar: Sohlentiefen, niedrige, mittlere und höchste Wasserstände der Inundationsfelder, Rinnsohlen und Fahrbahnhöhen von Brücken und Durchlässen. Die auf das Project Einfluss habende Höhe der Schwellen von Gebäuden und sonstige in

*) Besser sind abgerundete Zahlen, z. B. $^1/_{2000}$ und $^1/_{150}$, oder auch $^1/_{100}$.

Betracht kommende Objecte; (Zeichen für Hochwasser, draussen sorgfältig zu bewahren und einzutragen);

c. über der Gradiente die Steigungsverhältnisse des Weges, so oft sich solche ändern, roth (arab.) einzutragen. Abträge schwärzlich, Aufträge blassroth angelegt. In coupirtem Terrain Querprofile: Längen und Höhen $^1/_{144}$.

Specialkarten in genügender Breite 25 bis höchstens 50⁰ zu jeder Seite des Weges.

Ein Haupthülfsmittel beim Entwerfen der Linien sind die sogenannten orographischen Karten — (deren erste Idee von dem Geographen Buache 1738 herrührt, um den Grund des Meeres darzustellen) — welche die Durchschnittslinien des Terrains mit verschiedenen, aequidistant gelegenen horizontalen Ebenen angeben. Wenn also die Entfernung der Aequidistanten bekannt, kann man sofort die Neigung des Terrains zwischen zweien berechnen, auch aus dem blossen Anblick derselben, eine Uebersicht über die Beschaffenheit des Terrains bekommen *).

Ausserdem sind geognostische und petrographische Karten oft erforderlich, um den Untergrund, worauf die Strasse zu liegen kommt, beurtheilen zu können und zu wissen, auf welches Material zur Herstellung und Unterhaltung man rechnen kann, und wo die Gewinnungsplätze gelegen sind. Ferner ist die Kenntniss der Bodenarten und Felsarten bei den Erdarbeiten von grossem Belang. Die geognostischen etc. Karten, auch die hydrographischen, lassen die Wasserscheiden erkennen, und letztere Karten sind beim Entwurfe der Brückenprojecte unentbehrlich. Hierüber ist im Anhange zu vergleichen: Bestimmung von Brückenweiten.

2) Allgemeine Regeln bei Tracirung der Strassenlinien, über das Alignement und die Gradienten.

Der Hauptzweck der Strasse ist: es zu gestatten, dass Lasten mit dem geringsten Kraft- resp. Zeitaufwande, auf Fuhrwerken fortgeschafft werden. Sie muss daher: möglichst kurz sein, schwaches Gefälle haben und eine ebene und feste Oberfläche besitzen. Sie muss ferner für den Verkehr in der Längenrichtung der Strasse, wie für die Anwohner die grössten Vortheile bieten und für Neubau und Unterhaltung am billigsten sein; daneben den besten Untergrund treffen, die Entwässerung erleichtern, der Luft und Sonne zugänglich sein, überhaupt muss die Lage die Abtrocknung befördern,

---

*) Ueber Anfertigung von Karten vergl. das interessante Werk: 77 gegenwärtig noch in Anwendung stehende Mittel zur Ausführung der Bergzeichnung. Ein Bericht über die diesfälligen auf der Pariser Ausstellung 1867 exponirten Arbeiten. Von Valentin Ritter von Streffleur. Mit 5 Tafeln Zeichnungen und 1 Druckbeilage. Wien 1868.

man muss von gefährlichen Ufern, Berghängen und Schluchten fern bleiben und den Materialgewinnungsorten möglichst sich nähern.

Die gerade Linie als (im Bau) kürzeste Richtung, ist selten anwendbar, weil in der Ebene sich Flüsse, Sümpfe, bewohnte Orte etc, welche Krümmungen veranlassen, finden. Im Gebirge würde man oft zu steile Gradienten erhalten.

In den Thalwegen und auf der Wasserscheide finden sich die geringsten Gefälle; man hat daher:

1) Thalstrassen, welche sich in der Thalebene hinziehen und

2) Hochstrassen, welche sich auf dem Bergrücken befinden oder der Richtung der Wasserscheide folgen, endlich

3) Steigen mit einem Gefälle von $1/_{36}$ und mehr, besonders diejenigen Strassen, welche von der Thalebene auf den Bergrücken führen.

Im Allgemeinen haben **die Thalstrassen folgende Vorzüge vor den Hochstrassen:**

1) In den Thälern: grösste und bewohnteste Orte, Fabriken und Hüttenwerke, Verbindung mit Flussschifffahrt. Beförderung des Verkehrs der zwischen den Endpunkten liegenden Orte. Angenehmes Reisen in fruchtbaren, geschützten Thälern.

2) Sie steigen unmerklich, sind daher bequemer fahrbar, als die oft undulirenden Hochstrassen.

3) Material zum Bau und Unterhaltung in der Nähe der Thalwände und des Thalweges, während bei Hochstrassen oft aus grösserer Entfernung zu holen.

4) Fuhr- und Transportwesen in den niedrigen und mehr bewohnten Orten leichter zu unterhalten und zu reguliren, als in den höheren Gegenden.

Dagegen haben die **Thalstrassen folgende Nachtheile:**

1) Leichtere Unterbrechung der Communication durch hohes Wasser oder Schnee.

2) Den Sonnenstrahlen und Winden weniger ausgesetzt, trocknen daher schwerer und erfordern mehr Unterhaltung.

3) Kostbare Kunstarbeiten, Brücken, Durchlässe, Futtermauern gegen Abhänge, Schutzwerke gegen Wasser, kosten oft viel mehr, als die einfachen Durchlässe bei Hochstrassen.

4) Auf weniger festem Boden angelegt, leiden sie durch Himmel- und unterirdisches Wasser, und oft vom Hochwasser der Flüsse, über welches man sie nicht immer legen kann dadurch entsteht dann Unterbrechung der Communication.

5) Wenn die Thalebene nicht breit und sehr niedrig, also die Strasse in den Bergabhang einzuschneiden ist, sind die Erdarbeiten oft sehr kostbar, weil umfangreich.

6) Der Grunderwerb in den Thälern ist meistens kostbarer.

7) Die grösseren Thäler im Mittelgebirge und Hügellande haben oft beträchtliche Krümmungen, so dass die Strasse bis doppelt so lang als die Gerade zwischen beiden Endpunkten werden kann.

8) Die kleineren Thäler, denen man auf den Bergrücken gewöhnlich folgt, um die Wasserscheide in einer Scheidecke zu passiren, verursachen, weil oft die Hauptwasserscheide ziemlich normal schneidend, beträchtliche Umwege.

Daher Thalstrassen zwar oft vortheilhaft und bequemer für Zugkraft und Reisende, aber theurer als Hochstrassen.

Im Gebirgs- und höheren Hügellande meistens Thalstrassen anwendbar. Im flachen Hügellande bei feuchten und morastigen Thälern, wo bewohnte Orte mehr auf der Höhe, kein Kies mehr in den Bächen, das Gestein der Bergabhänge mit hoher Erdschicht bedeckt, sind Hochstrassen angezeigt.

Sowohl Hoch- wie Thalstrassen, welche fast parallel mit der Wasserscheide oder der Thalwand gehen, hemmen den Wasserabfluss von der Wasserscheide bis in den Thalweg, daher Gräben und Durchlässe nöthig, welche, wenn die Strasse auf der Wasserscheide angelegt, nicht in dem Maasse erforderlich.

Strassen in Ebenen machen im Allgemeinen weniger Umwege, als in Gebirgen. Hochstrassen in der Richtung der Wasserscheide schon stärkere. Am stärksten sind die Umwege bei Thalstrassen, wenn man sich der Wasserscheide nähert und den Verästungen der kleineren Thäler folgen muss.

Auf einer grösseren Strecke bei gewöhnlichen Hoch- und Thalstrassen Umwege von $^1/_6$ bis $^1/_8$ erlaubt, $^1/_4$ bis $^1/_2$ auf kleinerer. Die Kosten der Unterhaltung bei grösserer Länge, gegen die Unterhaltung und die Mehrkosten der Anlage von Kunstbauten bei kürzerer Länge zu vergleichen. Wenn starke Zunahme des Verkehrs erwartet wird, so ist die kürzere Trace häufig vorzüglicher.

Beim Traciren

der Thalstrassen in hügeligtem und mehr gebirgigem Lande,

auf folgende Regeln zu achten.

1) Wenn nicht zu kostbar und wegen Wasserverhältnisse zulässig, Strassenkrone 1 bis $1^1/_2$ Fuss über den höchsten Wasserstand, besonders bei frequenten Strassen. Einige Tage im Jahre unter Wasser nicht sehr hinderlich wegen Passage, wenn nur 1 Fuss darüber Wasser steht, und nicht sehr nachtheilig für Unterhaltung *).

*) Bemerkung von der Wegbau-Inspection Meppen (Ostfriesland).

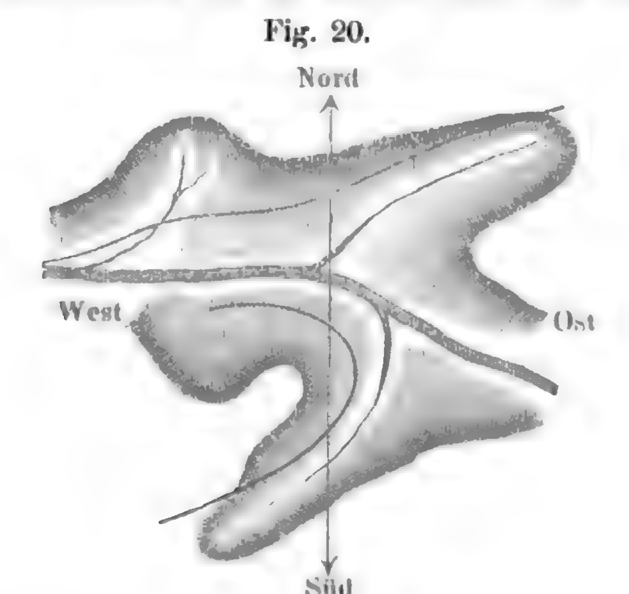
Die Strassenkrone mindestens $1^1/_2$ Fuss über den höchsten Wasserstand zu legen, hat sich an den hier in der Gegend (welche freilich in die Kategorie des Flachlandes zu stellen ist) ausgeführten Strassen als nothwendig ergeben. Wo Wellenschlag vorkommt $2^1/_2$ — 3 Fuss kaum ausreichend.

Die 1862 erbaute Chaussee von Aschendorf über Rhede nach Bellingwolde (Hol-

2) Nicht zu nahe dem Wasserlaufe, um keine kostbaren Schutzmittel gegen Strom und Eis nöthig zu haben (wenn die Strasse nicht etwa zugleich als Deich dient). Also etwa 10⁰ bis 20⁰ davon entfernt.

3) Trockne Lage. Möglichst lange Sonnenschein und trockne Winde: daher die von Norden nach Süden und von Westen nach Osten fallenden Hänge geeignet, weil der Schnee bald schmilzt und die Strasse besser bei Ostwind austrocknet.

Fig. 20.



Besonders in engen Thälern wichtig, wo wenig Sonnenschein, und zuweilen auch wenig Längsgefälle. Auch möglichst frei zu legen und den Luftzug hemmende Gegenstände zu entfernen. Man pflegt daher in Wäldern 12 — 36 Fuss Platz von der äusseren Grabenkante auf der Nord- und Westseite zu lassen und 24 — 72 Fuss auf der Süd- und Ostseite, damit die Sonne auf die Strasse scheinen könne. Den Sommerweg legt man gern auf die südliche und östliche, die Steinbahn auf die nördliche und westliche Seite.

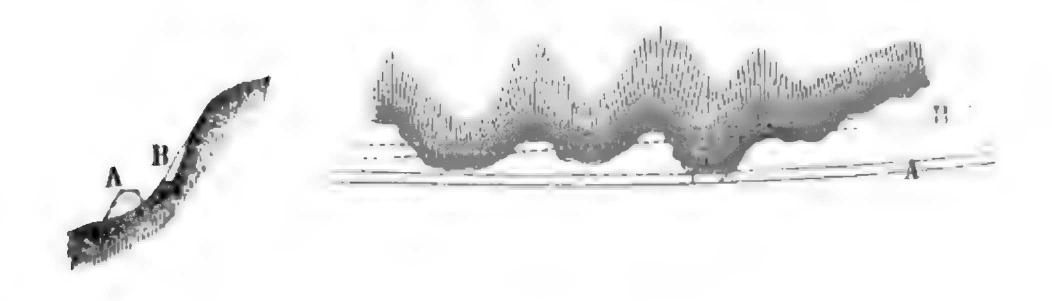
---

ländisch) liegt in dem ersten Abschnitte bis Rhede ganz im Inundationsgebiete der Ems, an der einen Strecke sogar bis auf nur 25⁰ Abstand längs des Flusses und konnte der Oertlichkeiten wegen nicht füglich andere Lage erhalten rücksichtlich des Grundrisses. In Betracht der Höhenlage musste sie aus hydrotechnischen Rücksichten und Gründen im Allgemeinen ganz in Maifeldshöhe durchgeführt werden, weil die Wasserfluthen hier zu bedeutend und so erheblich sind, dass durch Fluthbrücken dem Hochwasserstrome nicht Raum genug zu gewähren sein würde, und ausserdem die Ortschaften oberhalb grosse Gefahr von Aufstauung gehabt haben würden, hätte man dort die Strasse wasserfrei legen wollen. Daher wurde verfügt, die Strassenkrone in Maifeldshöhe zu legen und vor Aschendorf und Rhede noch einen Ueberlauf, also 2 dergleichen herzurichten, jeden von etwa 200⁰ Länge. Bei gewöhnlichem Hochwasser werden diese Ueberlaufstellen 2 Fuss hoch und vom höchsten Wasser 3 Fuss $9\frac{1}{2}$ Zoll überströmt. Der übrige Theil bleibt bei gewöhnlichem Hochwasser frei. Zur Zeit des höchsten Wassers ist dann freilich die Passage unterbrochen. Die Ueberlaufsstrecken liegen in Terrainhöhe und haben ein 4 Zoll erhöhtes Bankett bekommen.

4) Zur Annäherung an Plätze der Materialgewinnung, und zur Umgehung kostbarer Grundstücke sind oft Umwege gestattet.

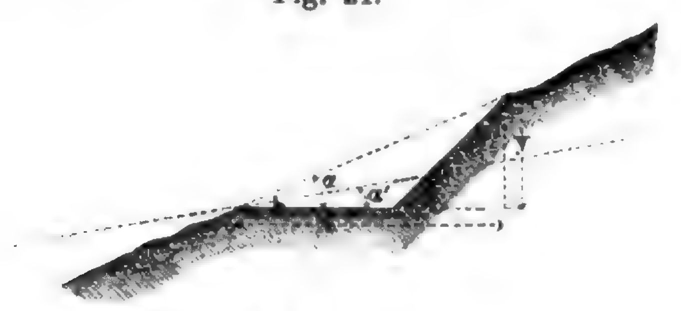
5) In die Thalwand geht man ungern, weil Erd- und Felsarbeiten oft beträchtlicher [1]) als in der flachen Thalebene, und das verwitterte oder abgeregnete Material des Hanges die Gräben häufig verstopft; zuweilen in steileren Gebirgen auch Erdstürze; bei Aufthauen von Schnee Angriffe des heftig überlaufenden Wassers. Daher lieber A als B.

Fig. 22.



[1]) Die Grösse des Abtrags nimmt auch mit der Steilheit des Abhanges bei gleicher Böschung des Anschnitts bedeutend zu, sofern man nicht in einer steilen Wand auch eine steile Böschung anlegen kann.

Fig. 21.



Man hat z. B.
$$y = \alpha x$$
$$y = (x - b)\,\beta$$

also die Coordinaten des Durchschnitts beider Linien

$$x = \frac{\beta b}{\beta - \alpha} \qquad y = \frac{\alpha \beta b}{\beta - \alpha}$$

und Δ des Abtrags
$$= \frac{y b}{2} = \frac{\frac{1}{2}\,\alpha \beta b^2}{\beta - \alpha};$$

für ein anderes Dreieck, wo die Tangente des Bergabhanges α_1 ist, hat man

$$\Delta_1 = \frac{\frac{1}{2}\,\alpha_1 \beta b^2}{\beta - \alpha_1}, \text{ also}$$

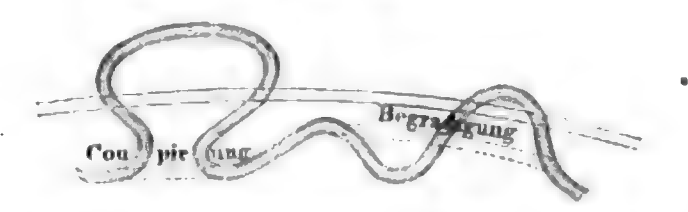
$$\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{\alpha\,(\beta - \alpha_1)}{\alpha_1\,(\beta - \alpha)}$$

z. B. sei $\alpha = \frac{1}{3}$, $\beta = 1$, und $\alpha_1 = \frac{1}{5}$,

so ist $\frac{\Delta}{\Delta_1} = \frac{\frac{1}{3}\,(1 - \frac{1}{5})}{\frac{1}{5}\,(1 - \frac{1}{3})} = \frac{4/15}{2/15} = 2.$

6) In einer sonst geraden Thalstrecke werden einspringende Serpentinen eines Bachs, wenn nicht zu hohe Kosten entstehen, begradigt, um den Bach von der Strassenlinie zu entfernen.

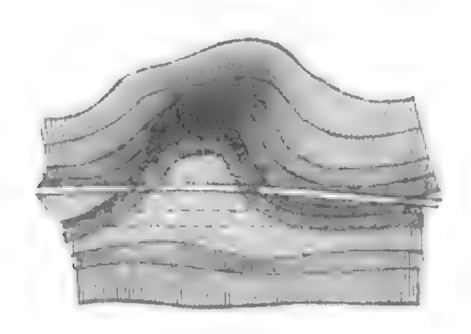
Fig. 23.



An concaven Ufern können verschiedene Fälle vorkommen:

a. Wenn steile Thalwand und gegenüber Vorland, so wird der Bach nach der

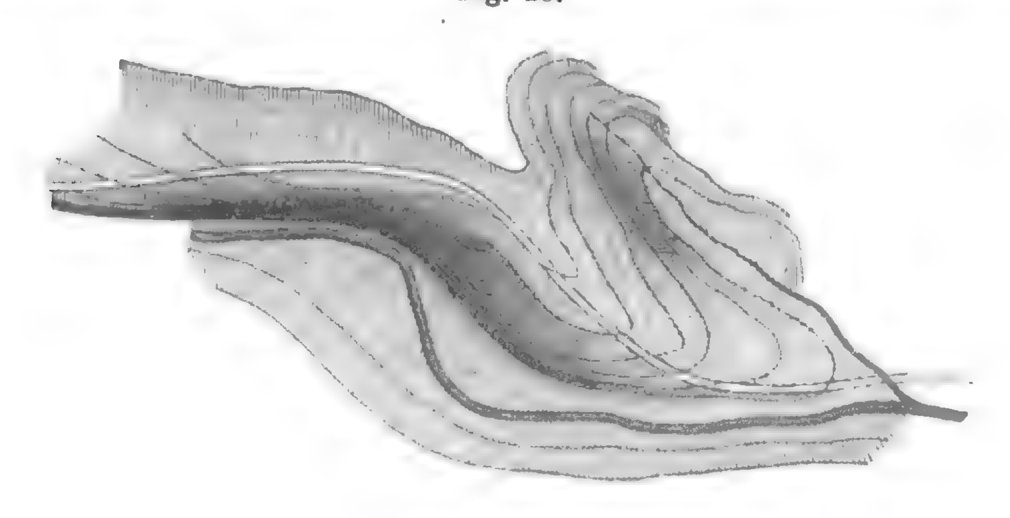
Fig. 24.



anderen Seite verlegt, und die Strasse kommt in das alte Bachbett zum Theil zu liegen, doch muss die Thalwand fest, nicht quellig, verwittert etc. sein, damit nicht das Herunterstürzen von Steinen etc. zu befürchten. Oft durch Abräumen des Gerölles Material zum Strassenbau, auch Befestigung des Abhanges durch terrassenförmige Trockenmauern.

b. Wenn die Wand nur auf 30 – 40' Höhe steil, und reissendes Gewässer zu befürchten, hebt man sich über dasselbe, indem man mittelst einer Steige

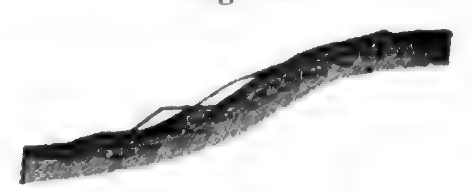
Fig. 25.



von cr. $^{1}/_{36}$ auf die Höhe, dann bis zum nächsten Thalhange und wieder hinunter geht.

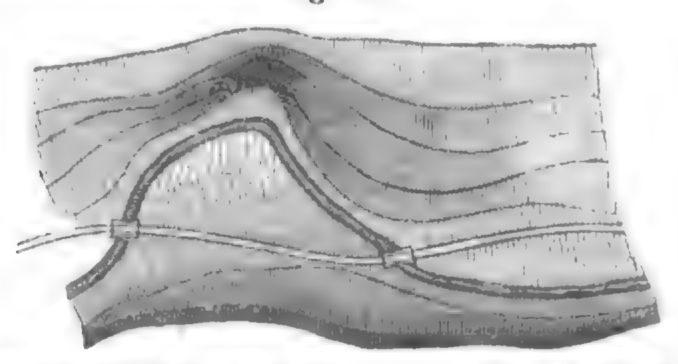
c. Bei nicht steilen Thalwänden kann man die Strasse zum Theil in dieselben hinein legen.

Fig. 26.



d. Ueberschreitung des Baches und Verbleiben auf dem convexen Ufer, und mittelst einer zweiten Brücke auf das andere Ufer zurück.

Fig. 27.



Ueber die Zweckmässigkeit einer oder der anderen Methode entscheiden die Anlage- und Unterhaltungskosten.

7) Wenn Bäche aus den Seitenthälern halbe Schuttkegel oder Gerölle gebildet haben:

a. Wenn Kegel bereits ausgebildet, so um ihn herum und Bach mit Brücke überschritten.

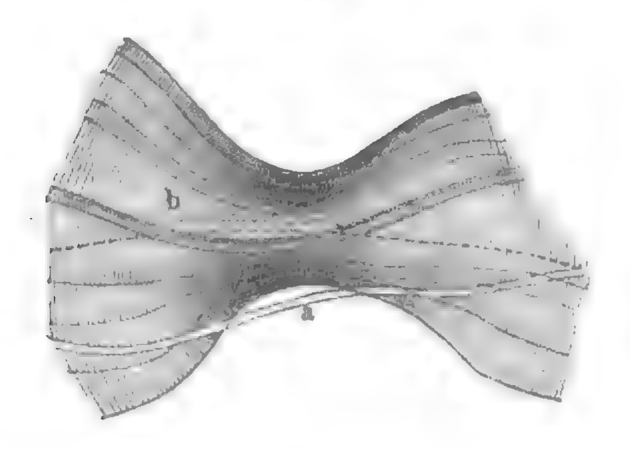
Fig. 28.

c. Wenn oberhalb der Bach schon ein regelmässiges Bett hat, und unten noch Schutt anhäuft, so an der oberen Stelle mit Brücke überschritten und mit Steige hinauf und wieder herunter, oder

b. wenn möglich, legt man die Strasse auf die andere Seite des Hauptbaches.

8) Bei Thalengen kann man, wenn auf dem oberen Hange keine tiefen

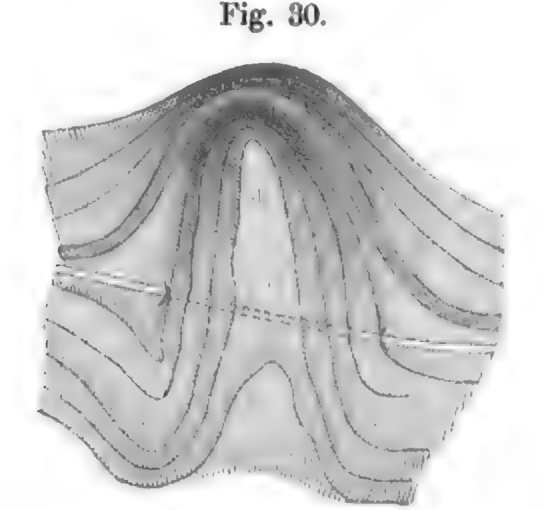
Fig. 29.



Schluchten, auf diesen gehen (a), oder man drängt sonst den Bach hinüber an die eine Wand und lässt ihm nur das nöthigste Profil für das Hochwasser (b). Hierbei kann dann eine Befestigung der Böschung durch Steinbekleidung erforderlich werden.

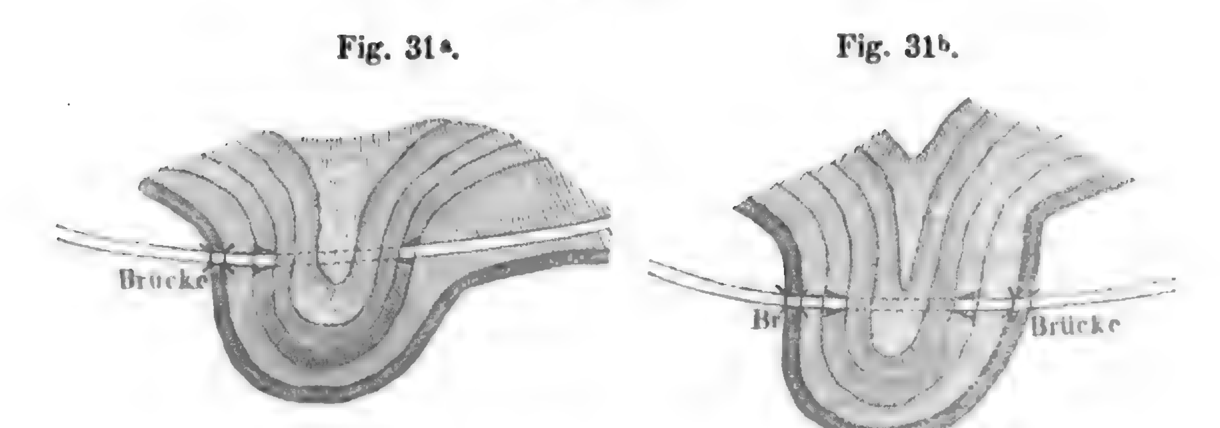
9) In engen Thälern, mit steilen Abhängen und vorspringenden Bergrücken,

Fig. 30.



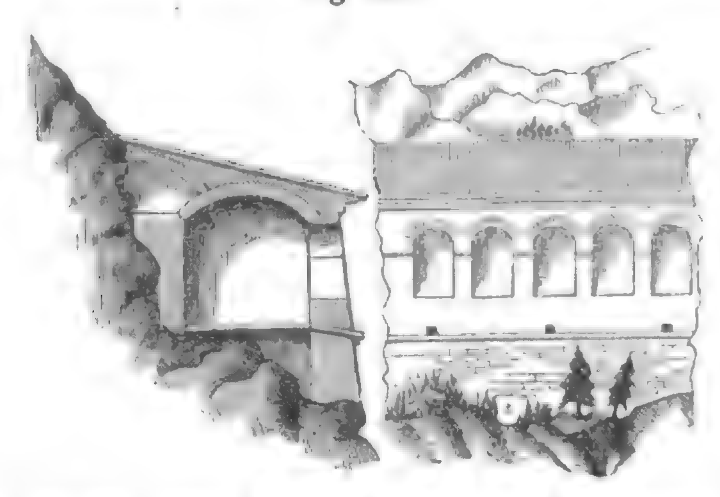
durchbricht man diese mittelst Einschnitten (bis 50 Fuss Tiefe) oder mit Tunneln, wobei die Strasse das zulässige Minimum der Breite erhält. Wann Einschnitt oder Tunnel: darüber entscheiden die Kosten mit Rücksicht auf die Gebirgsformation (zum Rutschen geneigtes Terrain, quellig, nicht haltbare Dossirungen — erschwerter Tunnelbau, Ausmauerung etc.) (Verschiedene Combinirungen von Tunneln und Brücken Fig. 31^{a} und 31^{b}.) An steilen Hängen statt

Fig. 31a. Fig. 31b.



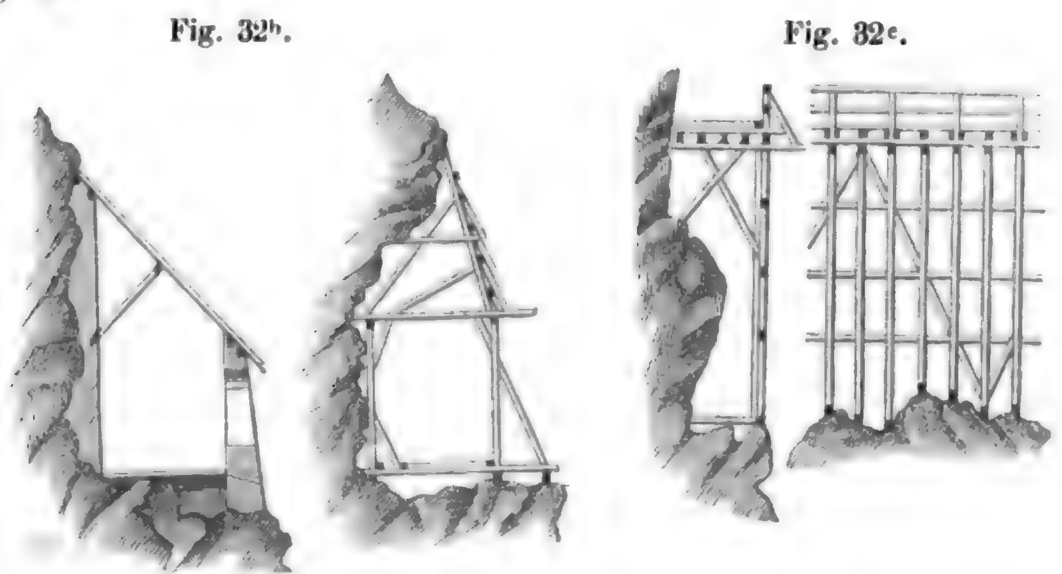
der Tunnel auch Gallerien (Fig. 32a) oder Holzgerüste (Fig. 32b) mit Schutz-

Fig. 32a.



dächern gegen Lawinen; auch kommen vorgebaute Holzgerüste in Anwendung Fig. 32c.

Fig. 32b. Fig. 32c.



10) Nicht durch enggebaute Dörfer, weil Verstopfung der Passage (z. B. in Kriegszeiten), auch nicht durch Orte, wo Sturzwasser durchfliessen. Besser oberhalb des Ortes näher der Wasserscheide.

Im

flachen Hügellande

(Höhenunterschiede 40 — 50 Fuss), in

weiten Thälern und Ebenen

ist die Bestimmung der Strassen einfacher. Folgende Regeln ausser den bereits sinngemäss anzuwendenden früheren: Möglichst kurz, gerade Linien mit stumpfen Winkeln, möglichst trocken, daher auf Rücken, die eine Art Wasserscheide bilden, oder wo diese nicht, über den trockensten Boden z. B. lehmigen Sand, grobkörnigen Sand, sandigen Lehm. Flugsand zu vermeiden*). Stellen mit Kieslagern, Feldsteinen, Steinbrüchen, sich zu nähern. Winkelpunkte durch Hindernisse als: Senkungen, Sümpfe, Anhöhen, in der Strassenrichtung laufende Bäche gegeben, auch durch Vermeidung kostbarer Grunderwerbung. Gerade Linien nicht übertreiben, ½ Meile für Fussgänger, 1 Meile für Fuhrwerk schon langweilig. Kirchthurmlinien unmotivirt und veraltet. Wegen nasser Stellen und kleiner Sümpfe macht man in sonst zweckmässiger Richtung keinen Umweg. Grösseren Sümpfen und Mooren geht man gern aus dem Wege, indem man die Linie näher an die Thalwand verschiebt.

In militairischer Rücksicht ist noch zu bemerken:

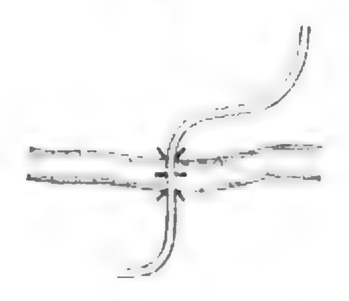
1) möglichst Festungen und feste Punkte berühren, um Verproviantirung zu erleichtern.

2) Höhen und Gegenden vermeiden, die von jenseits der Grenze dominirt oder enfilirt werden können.

3) Im Rayon der Festung so zu legen, dass möglichst weit von einem der Werke bestrichen werden kann.

4) Bei Uebergang über einen Strom, eine Strecke parallel mit demselben, um von keinem Ufer enfilirt werden zu können.

Fig. 33.



*) In den grossen Heide- und Sandebenen des Herzogthums Arenberg-Meppen und der Grafschaft Lingen und Bentheim sind übrigens seit dem Jahre 1836 viele Strassenbauten ausgeführt, bei denen es nicht zu ermöglichen war, die sehr häufig hier vorkommenden Flug- und Wehsand-Flächen von erheblichem Umfange zu vermeiden. Es hat sich bei diesen Wegbauten mit den Flugsänden nicht so sehr bedenklich und schwierig herausgestellt, als befürchtet wurde, wo nur einigermaassen

Für die

Ueberschreitung von Thälern

durch Strassen sind folgende Regeln zu beobachten:

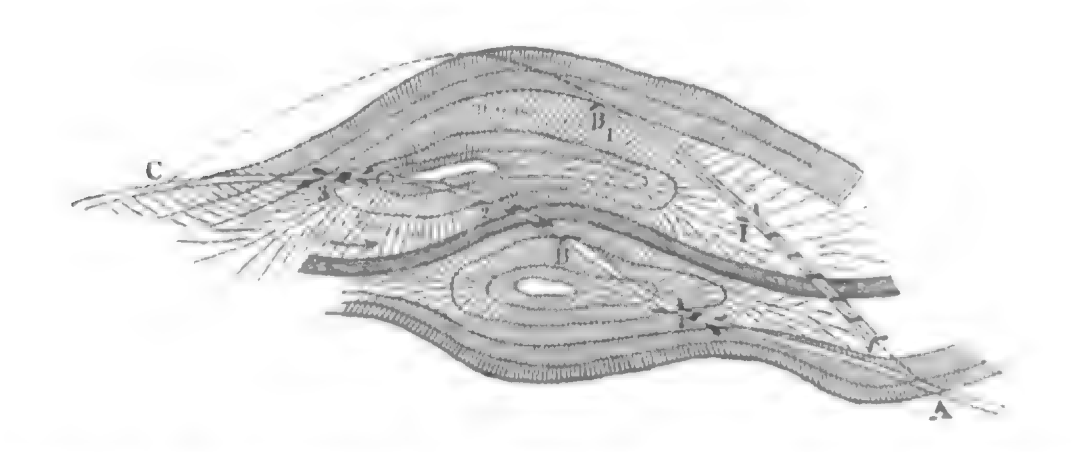
1) Am liebsten höhere Theile des Thals überschritten, weil festerer Grund, weniger Wasser vorhanden. Dabei geringste Breite des Thals, wenn möglich, zu suchen. Also nicht nach a b, sondern nach a c b. Oder nicht nach A B_1 C,

Fig. 34.



sondern vielleicht A B C, da die Ueberschreitung der drei kleinen Thäler 1. 2. 3. weniger kosten kann, als die des grossen Thals I.

Fig. 35.



2) Man sucht Seitenthäler an beiden Ufern paarweise auf, die a. ungefähr in der allgemeinen Strassenrichtung liegen, b. die längsten sind, und c. möglichst

---

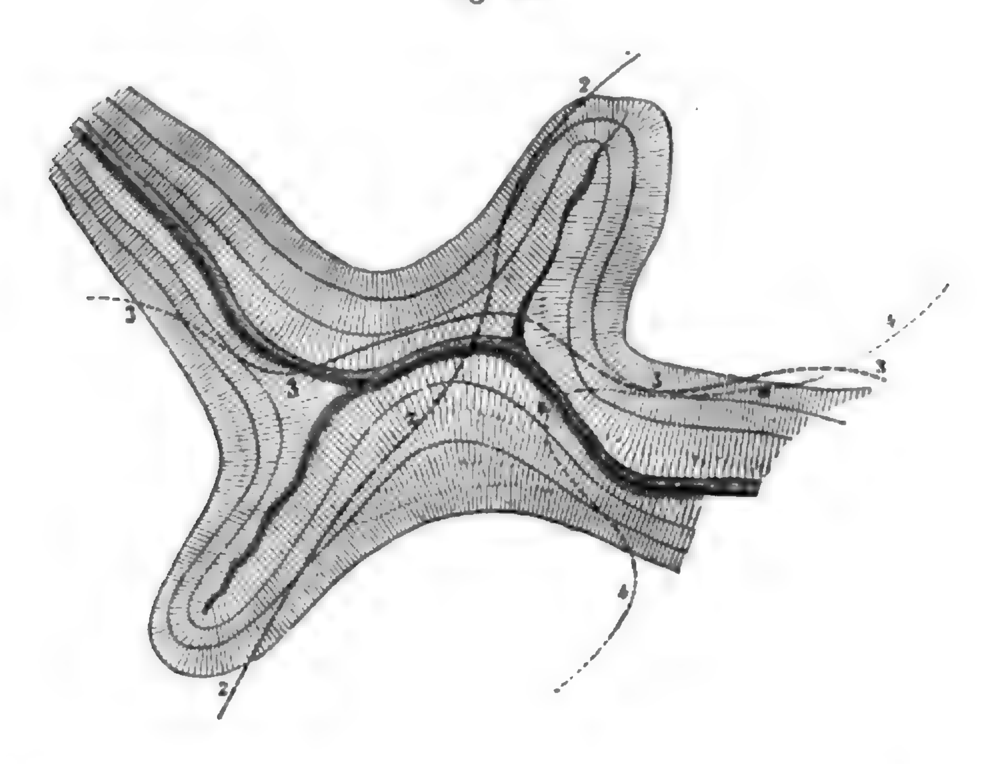
deren Deckung und Dämpfung, seitwärts der Strassenanlagen, geschah. Zur Steinbahn ist in offenen Wehesänden hier stets das Steinpflaster angewandt worden, als an solchen Stellen die geeignetste Steinbahnart. Steinschlagbahnen auf Strassenstrecken durch Flug- oder Wehsandflächen haben sich hier nicht angemessen erwiesen, sobald die Strassen ungeschützt und frei lagen; dagegen haben sich in solchen Sänden, wenn sie mit Holzungen (Kiefern, Föhren) bestanden waren, welche das Wehen des Sandes nur verhüteten, auch Steinschlagbahnen recht gut gehalten.

Vergl. beim „Bau der Strassen" Anpflanzung des Götterbaumes (Aylanthus glandulosus).

nahe an einander liegend in das Hauptthal münden. Dann Steigen in das Hauptthal hinab und an der andern Seite wieder herauf.



Fig. 36.



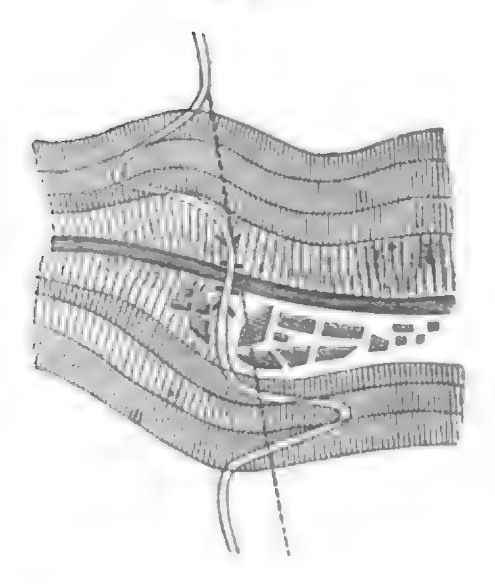
3) Wenn die Richtung einen spitzen Winkel mit dem Hauptthal bildet, legt man zwei Steigen mit schwachem Gefälle in die Thalwände bis zu den Thalrändern, und führt die Strasse zu beiden Seiten parallel ihrer Richtung fort.

4) Wenn die Strassenrichtung rechtwinkelig das Thal schneidet und keine Seitenthäler vorhanden, geht man mit einer Steige an einem Hange bachaufwärts, an dem andern Hange wieder abwärts. Besonders bei Thälern mit starkem Gefälle bachaufwärts, weil abwärts Umweg wegen des Gefälles des Thals selbst.

5) Ist das Thal sehr schmal, so erspart man Auf- und Absteigen und den Umweg, indem man den Thalweg mittelst eines bis 60 Fuss hohen Dammes, oder, wenn mehr Höhe erforderlich, mittelst einer Brücke oder eines Viaducts überschreitet. Vergleichung der Kosten.

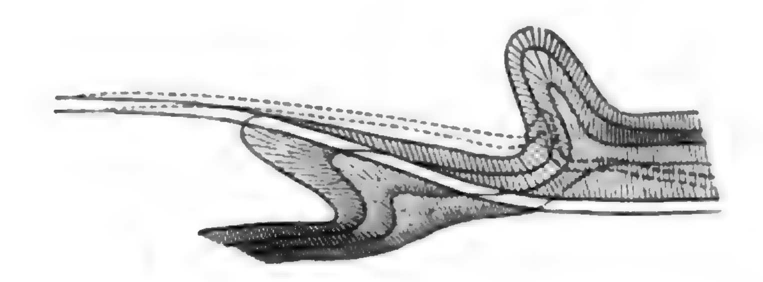
6) Ist die Strasse mehr normal gegen die Thalrichtung, und ein Punkt im Thal, welcher zu berühren ausserdem gegeben, so ist, wenn die Thalwand grösseres, als das Maximalgefälle hat, eine Serpentine nicht zu umgehen; um z. B. eine Höhe h mit einer Neigung von n Procent zu erreichen, ist die nöthige Strassenlänge $\frac{100\,h}{n}$.

Fig. 37.



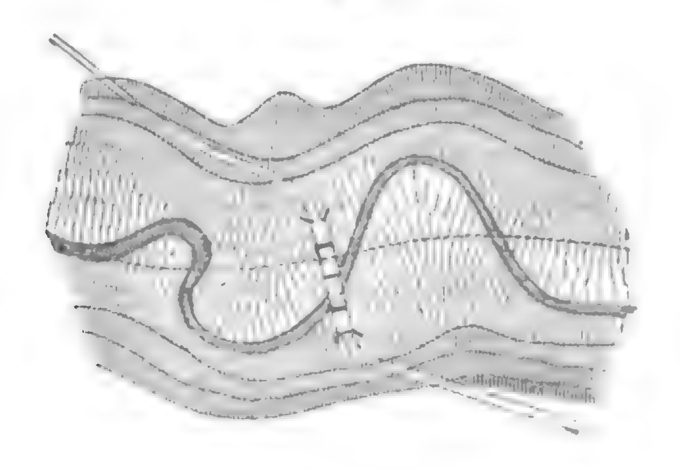
7) Bei Steigen ist wichtig, dass die Thalwand, wo man sie hinauf führt, in der allgemeinen Richtung der Strasse liege, um das geringste Gefälle zu erhalten und Serpentinen zu vermeiden.

Fig. 38.



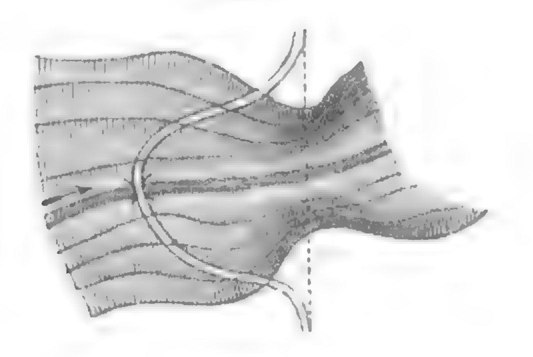
8) Brücken möglichst normal zum Thalwege, oder vielmehr zur Richtung des Hochwassers, um sie kurz zu erhalten. Pfeiler in der Richtung des Stromes bei Hochwasser.

Fig. 39.



9) Bei steileren Abhängen legt man die Strasse, um Gefahr zu vermeiden, nicht in die Richtung der Brückenachse, sondern giebt ihr durch einen kleinen Umweg geringere Neigung.

Fig. 40.



Bei

Hochstrassen

gilt noch das Folgende:

1) Sie sollen wo möglich nicht über das zulässige Gefälle von $^1/_{36}$ – $^1/_{24}$ hinausgehen, letzteres höchstens bei Uebersteigung von Wasserscheiden höherer Ordnung. Auf einigen Strecken, wo stärkeres Gefälle als das zulässige, sind also Dämme resp. Einschnitte nicht zu vermeiden.

2) Nicht so wesentlich, weil sie mehr freier liegen, die vorhin angegebene Seite der Abhänge zu wählen; doch erwünscht.

3) Die Richtung möglichst so zu wählen, dass sie auf 1 bis $1^1/_2$ Meilen bewohnte Orte trifft.

4) Steinbrüchen und Kieslagern nahe zu legen, weil diese Material zur Unterhaltung und zum Bau liefern.

5) Stellen, wo der Fels in grösserer Ausdehnung zu Tage liegt und nur wenig, 2 — 3 Fuss, abzuarbeiten ist, zu vermeiden, weil Erdarbeiten theuer. Besonders dann, wenn das Material nicht zur Steinbahn brauchbar ist.

Bei Aufnahme der Linien kommt häufig die Frage vor, ob es vortheilhaft, die Strasse mit 2 Steigen durch das Thal zu führen oder diese mit einem Umwege zu umgehen. Schwierige Entscheidung, weil die Ermüdung der Zugthiere auf Steigungen nicht genau bekannt etc Umpfenbach nimmt an, dass bei vorausgesetzter gleicher Ermüdung der Zugthiere für leichtes Fuhrwerk der Umweg gleich dem 10fachen der Höhendifferenz, für Frachtfuhrwerk = dem 18fachen sein kann, und wenn gleichviel Fuhren beider Art = dem 15fachen.

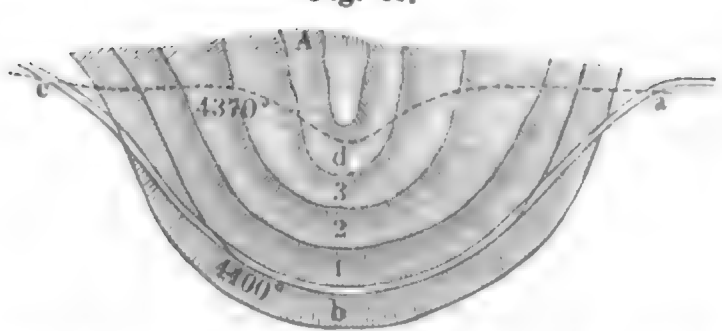
Wenn also A die Länge der horizontalen Strasse, A_1 die Länge der Steigen, $U = A - A_1$ der Umweg, Z die Höhendifferenz ist, so wird:

für leichtes Fuhrwerk........ $U = 10\ Z$
für gemischtes Fuhrwerk..... $U = 15\ Z$
für Frachtfuhrwerk.......... $U = 18\ Z$

sein dürfen.

Z. B. zwischen a b c und a d c zu wählen, Umweg 30⁰, Horizontalen 100 Fuss

Fig. 41.



entfernt, Höhenunterschied $3\frac{1}{2}$ Abstände, = 350 Fuss, könnte Umweg also gleich resp. 219, 328 oder 394 Ruthen sein. Da nur 30°, ist die Linie a b c vorzuziehen [1]).

3) Concurrirende Strassen*).

Sei L die Länge der einen Strasse und l die der anderen, und zwar finden die in der Figur 42 nur schematisch dargestellten Verhältnisse bezüglich der Trace und Gradiente statt.

Fig. 42.

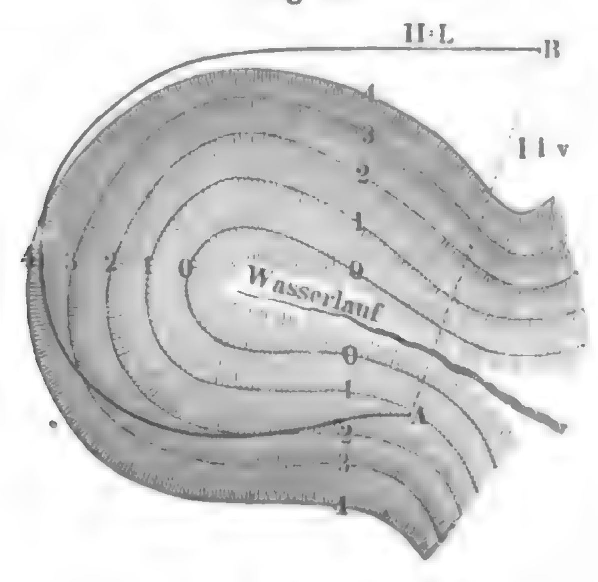
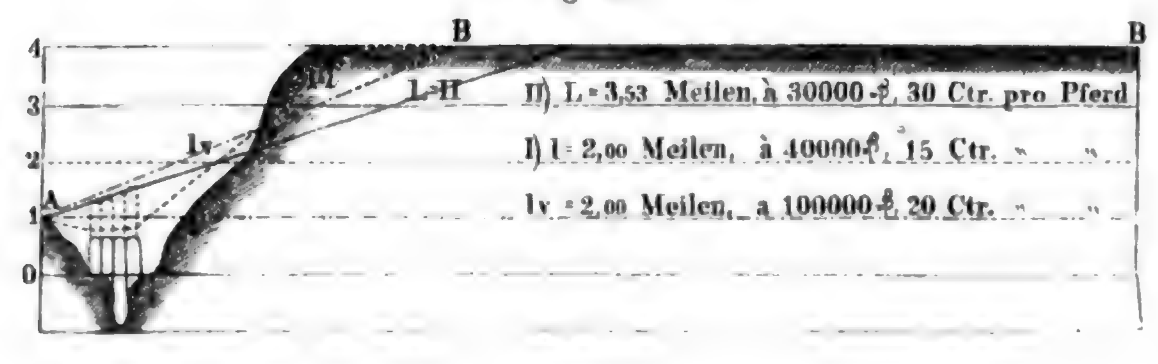


Fig. 43.



[1]) Beispiele über Bestimmung von Strassenrichtungen in Umpfenbach §. 26. Auch in Wedeke, Steenstrup und Beckers Strassenbau.

*) Für Ausführliches vergleiche: Bestimmung der zweckmässigsten Steigungs-

Man betrachtet beispielsweise nur einen bergauf gerichteten Verkehr und die Strasse für sich, also nicht im Zusammenhange mit einem anderen Tractus, um den Fall einfach zu halten, obgleich diese Voraussetzungen in der Praxis sehr selten zutreffen werden.

Sind die Steigungen in der Strasse L der Art, dass ein Pferd n Centner Netto transportiren kann, und macht es dabei täglich a Meilen, so sind die Kosten des Transportes, wenn jährlich sich Q Netto-Centner auf dieser Strasse bergauf bewegen, und p der Preis pro Pferde- und 1/2 Führer-Tag ist, wie folgt:

Jedes Pferd kann täglich über die ganze Strecke ziehen

$$\frac{a}{L} \,.\, n \text{ Centner,}$$

welches also die Leistung pro Pferdetag ist in Centnern. Mithin sind für Q Centner im Jahre erforderlich

$$\frac{Q}{\frac{a}{L} \,.\, n} = \frac{L\,Q}{a\,n} \text{ Pferdetage,}$$

und die jährlichen Kosten der Zugkraft sind also

$$\frac{L\,Q}{a\,n} \,.\, p.$$

Ist nun jeder Wagen mit 2 Pferden bespannt, so sind

$$\frac{L\,Q}{2\,a\,n} \text{ Wagentage}$$

im Jahre nöthig, oder täglich sind, wenn die Wagen immer im Gange, und 300 Tage pro Jahr gerechnet werden,

$$\frac{L\,Q}{300 \,.\, 2\,a\,n} = \frac{L\,Q}{600\,a\,n}$$

Wagen unterweges, welche die Transportindustrie anschaffen muss, und wenn jeder (incl. Rücklagen zur Wiederanschaffung und zur Reparatur) W_1 kostet, so ist das Anlage-Capital für die Wagen

$$\frac{L\,Q}{600\,a\,n} \,.\, W_1$$

Zu jedem Wagen 2 Pferde gerechnet, von denen jedes incl. Rücklage zur Wiederanschaffung P kosten möge, so sind die Kosten für Wagen und Pferde also

$$\frac{L\,Q}{600\,a\,n} \,(W_1 + 2\,P),$$

oder abkürzungsweise $(W_1 + 2\,P) = V$ (Vehiculum) gesetzt

$$\frac{L\,Q}{600\,a\,n} \,.\, V.$$

---

verhältnisse von Chausseen, von Launhardt. 1868. Schmorl & v. Seefeld. Derselbe Aufsatz auch in Zeitschr. des hannov. Arch. und Ing. Vereins. XIII. 1867.

Ferner hierher gehörig: Ueber die Rentabilität und Richtungsfeststellung der Strassen, von demselben. Hannover, Schmorl & v. Seefeld. 1869.

Ist nun die Unterhaltung pro Längeneinheit der Strasse (Meile) jährlich U, sind die Anlagekosten der Strasse pro Meile = A, und ist ferner der Zinsfuss z. B. 4 Proc., so ist das Capital, welches für den obigen Fall als in Anspruch genommen anzusehen ist

$$T = L\left\{A + \frac{Q\,V}{600\,a\,n}\right\} + 25\,L\left\{\frac{Q\,p}{a\,n} + U\right\};$$

für die andere Strasse hat man eben so, wenn nach Maassgabe der Steigungen das Pferd nur n_1 Centner ziehen kann,

$$T_1 = l\left\{A_1 + \frac{Q\,V}{600\,a\,n_1}\right\} + 25\,l\left\{\frac{Q\,p}{a\,n_1} + U_1\right\}$$

Seien gegeben beispielsweise:

ad II.		ad I.	
	$l = 2$ Meilen.		L zu finden.
	$U_1 = 1000$ ℛ		$U = 800$ ℛ
	$A_1 = 40000$ ℛ		$A = 30000$ ℛ
	$n_1 = 15$ Ctr.		$n = 30$ Ctr.

$$p = 2 \text{ ℛ}$$

$$W = 160 \text{ ℛ und 2 Pferde à 200 ℛ} = 400 \text{ ℛ, also } V = 560 \text{ ℛ}$$

$$a = 6 \text{ Meilen}$$

$$Q = 360000 \text{ Centner,}$$

so hat man

$$T_1 = l\left\{A_1 + \frac{Q\,V}{600\,a\,n_1} + 25\,\frac{Q}{a\,n_1}\,p + 25\,U_1\right\}$$

$$= 2\left(40000 + \frac{360000\,.\,560}{600\,.\,6\,.\,15} + \frac{25\,.\,36000}{6\,.\,15}\,.\,2 + 25\,.\,1000\right) = 2\left\{\begin{array}{r} 40000 \\ +\quad 3733{,}33 \\ +\ 200000 \\ +\quad 25000 \end{array}\right\}$$

$$= 537466{,}66 \text{ ℛ}$$

und eben so

$$T = L\left(30000 + \frac{360000\,.\,560}{600\,.\,6\,.\,30} + \frac{25\,.\,360000\,.\,2}{6\,.\,30} + 25\,.\,800\right) = L\left\{\begin{array}{r} 30000 \\ +\quad 1866{,}66 \\ +\ 100000 \\ +\quad 20000 \end{array}\right\}$$

$$= 151866{,}66\ L.$$

Hieraus lässt sich nun der Werth von L finden, für welchen beide Gesammt-Capitalien T und T_1 also gleich werden. Man hat

$$151866{,}66\ L = 537466{,}66$$

also

$$L = \frac{537466{,}66}{151866{,}66} = 3{,}54 \text{ Meilen.}$$

Ist L kleiner, so ist die Strasse mit Umweg vortheilhaft, ist L grösser, so ist die directe Strasse vorzuziehen. Letztere ist noch wegen geringeren Zeitverlustes beim Transport vortheilhafter.

Bei einem Verkehr vorwiegend bergab würden sich die Verhältnisse etwas anders gestalten. Hier würde darauf Rücksicht zu nehmen sein, dass die Steigungen nicht steiler als $\tang \alpha = \mu$ sein dürften, um nicht stets bremsen zu müssen und mit Gefahr zu transportiren; viel flachere Steigungen aufzuwenden, würde man kein Interesse haben. Indessen ist in den meisten Fällen sowohl Verkehr bergauf als bergab, und es entsteht dann die Frage, wann ein Minimum des Gesammtcapitals mit Rücksicht des Verkehrs nach beiden Richtungen vorhanden ist.

Gesetzt endlich, es käme noch eine Variante der Strasse 1 in Frage 1_v, durch welche man, vermöge geringerer Steigung, oder indem man den Einschnitt tiefer macht und dadurch vorzüglicheres Material zur Befestigung der Strasse erhält, den Widerstands-Coefficienten auf so viel herabziehen könnte, dass $n_1 = 20$ Ctr. würde. Dagegen koste diese Strasse wegen erheblicher Erdarbeiten, wegen des grossen Viaductes, $A_1 = 100000$ ℛ pro Meile, und die Unterhaltungskosten, der hohen Dämme und des Viaductes halber, mögen sich auf $U_1 = 15000$ ℛ steigern.

Dann fragt sich, wie gross der Verkehr Q_v in Netto-Centnern sein muss, damit die Ersparung, weil man jetzt pro Pferd 5 Ctr. mehr ziehen kann, so viel einbringt, als die Verzinsung des grösseren Aulagecapitals mehr kostet. Es ist, weil bei 3,54 Meilen Länge $= L$, diese Strasse gleichwerth mit 1 ist, einerlei, welche der beiden erstgenannten Strassen man mit dieser Variante vergleicht. Setzt man das zu findende Verkehrsquantum, bei welchem das Obige der Fall ist $= Q_o$, so hat man die Gleichung

$$2\left(100000 + \frac{Q_o \, . \, 560}{600 \, . \, 6 \, . \, 20} + \frac{25\, Q_o \, . \, 2}{6 \, . \, 20} + 25 \, . \, 1500\right)$$

$$= 3{,}54\left(30000 + \frac{Q_o \, . \, 560}{600 \, . \, 6 \, . \, 30} + \frac{25\, Q_o \, . \, 2}{6 \, . \, 30} + 25 \, . \, 800\right)$$

oder $\quad 200000 + 0{,}8492\, Q_o + 75000 = 106200 + 1{,}0015\, Q_o + 70800$

und hieraus $\quad 0{,}1523\, Q_o = 98000$

oder $\quad Q_o = 643467$ Centner,

d. h. wenn der Verkehr sich von 360000 Ctr. auf 643467 Ctr. Netto hebt, ist die letzte Strasse (Variante) vortheilhaft. Sie ist es auch, wenn der zunächst zu erwartende Verkehr etwas geringer, weil die kürzere Strasse den Verkehr mehr zu heben geeignet ist, da der Centner in kürzerer Zeit auf ihr transportirt werden kann.

Indessen kommt die Möglichkeit, ein grosses Anlagecapital anzuschaffen, in Frage, und in der Praxis ferner, dass der Erbauer der Strasse und der Fuhrmann nicht immer eine und dieselbe Person sind. Bei Eisenbahnen ist dies meistens anders. Indessen gilt doch der Satz im Allgemeinen, dass je stärker die Frequenz, um so mehr die in der Anlage theurere Strasse bei entsprechend grösserer Transportfähigkeit in den Vordergrund tritt. (Feldwege, Chausseen, Eisenbahnen.)

Für Personenverkehr würde man ein anderes Resultat gefunden haben, da für solchen z. B. starke Steigungen eher zulässig, und es würde das Verhältniss der zu befördernden Personen ein anderes als das der Nettolasten von resp. 30, 15 und 20 Ctr. geworden sein, da das Gewicht des Fuhrwerks zu der Ladung ein anderes geworden wäre.

Uebrigens müsste man genau genommen die Steigungen der einzelnen Strecken einer Strasse berücksichtigen, untersuchen, von welcher der Steigungen die Maximal- oder auch die vortheilhafteste Ladung für die Pferde abhängt und dann nach einer Kraftformel die Pferdetage für den gesammten Transport in jeder Richtung etc. ermitteln, wobei man noch eine grösste Geschwindigkeit bergab festsetzen muss etc. Man ersieht aus dem Vorigen noch, dass die praktischen Regeln, wonach bei zu vergleichenden Strassen der zulässige Umweg als ein Vielfaches der erstiegenen Höhe angegeben wird, sehr unzuverlässig sind.

Capitel V.

Kurze Beschreibung des Ganges der Bearbeitung eines Projectes.

Die allgemeine Richtung der Strasse bestimmt sich aus vielfachen Erwägungen und ihre Feststellung ist nicht bloss Sache des ausführenden Technikers, dem die Hauptpunkte, welche sie berühren soll, meistens gegeben werden. Ueber die Fragen, welche die Richtungsfeststellung betreffen, verweisen wir auf die interessante Broschüre „über die Rentabilität und Richtungsfeststellung der Strassen“, vom Wegbau-Conducteur Launhardt zu Geestemünde. Hannover. Schmorl & von Seefeld, 1869, welche diesen Gegenstand in einer eben so scharfsinnigen wie geistreichen Weise behandelt.

A. Vorarbeiten [1]) zum Feststellen der Linie, Aufsuchen der Linie mit Berücksichtigung der im Capitel „Tracirung der Strassenlinien“ angegebenen allgemeinen Grundsätze.

1) Studiren der Uebersichtskarten,

in welchen Berge und Wasserzüge angegeben sein müssen. Anhaltpunkte für das Alignement und die allgemeine Richtung geben die Gewässer, deren Zusammenhang mit dem Terrain bereits im Capitel „Beschaffenheit des

[1]) Gute Auseinandersetzung der Grundsätze, nach welchen die Tracen für Wege und Eisenbahnen festzulegen sind in dem Aufsatze von Coneybeare „Principles of engineering“ in The Engineer 1858, Nr. 128 pag. 438, Nr. 129 pag. 455 und folgende Nummern enthalten.

Terrains" erläutert ist, und welche Gewässer, wenn ihr Gefälle bekannt, schon eine Uebersicht über die Höhenverhältnisse gewähren. Hiernach wird ein vorläufiges Eintragen verschiedener Linien, welche die gewünschten Orte berühren, in die Karte geschehen können.

2) Recognosciren der Gegend.

Erste Vorarbeit im Freien. Man sucht die auf der Karte bezeichnete Linie nach äusseren Merkmalen (Schnittpunkten mit Wegen, Entfernung von auf der Karte angegebenen Brücken, Häusern etc.) auf, und sind solche Merkmale nicht genügend vorhanden, z. B. in öden Gegenden, so kann man mit Hülfe der Boussole sich orientiren und zurecht finden. Man ergänzt fehlende Objecte auf der Karte durch Einschreiten, trägt besonders fehlende Wasserzüge ein etc. Hiernach kann man die ersten Correctionen der Linie auf der Karte vornehmen, und man wird nach Besichtigung des Terrains mancherlei Aenderungen für nöthig finden. Der Anfänger ist geneigt, kleiner Hindernisse halber (unbedeutende Sümpfe, kurze Moorstrecken, schief geschnittene Wasserläufe) die Linie zu verlegen, muss sich jedoch vor zu häufigen Richtungsveränderungen hüten. Es ist daher sehr lehrreich, das Alignement und das Profil ausgeführter guter Strassen zu studiren, um die dabei stattgefundenen Schwierigkeiten und die Art, wie man sie besiegte, kennen zu lernen, und sich Anhaltpunkte und Regeln daraus zu abstrahiren.

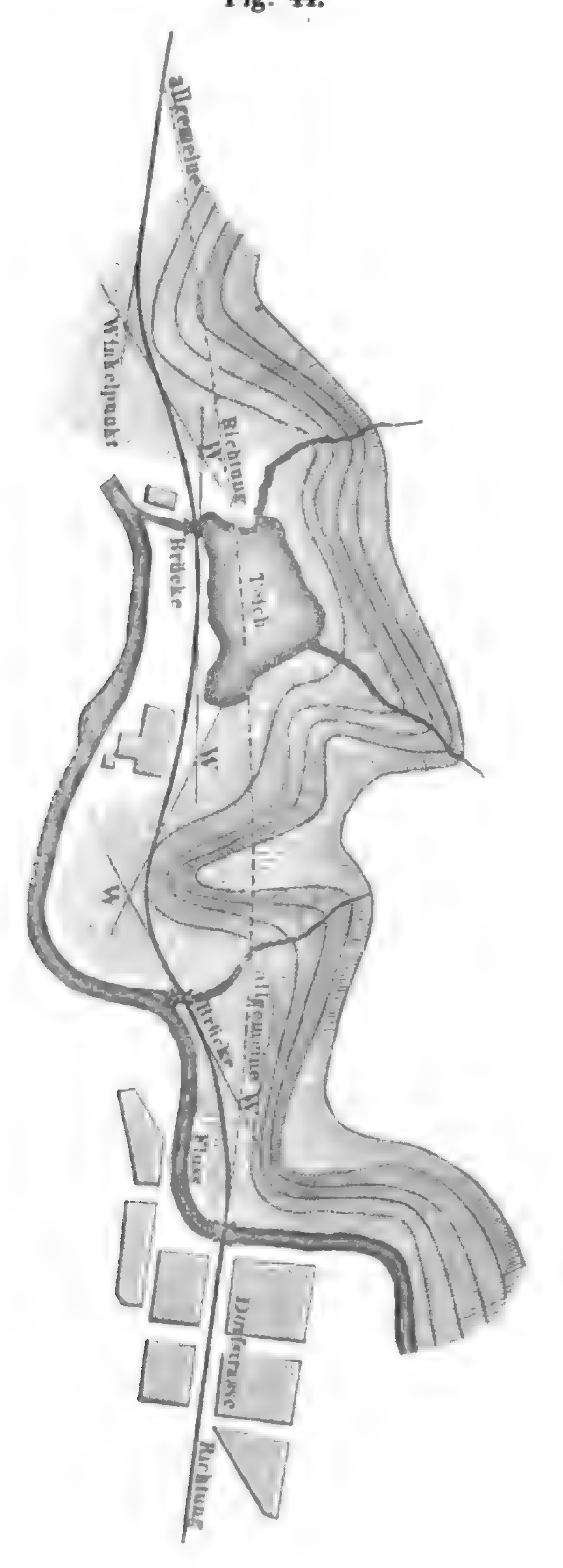
Sind so mehrere ziemlich von einander entfernte Linien vorläufig in die Karte eingetragen, welche z. B. verschiedenen Thälern folgen und an verschiedenen Stellen Wasserscheiden überschreiten etc., so muss jede für sich einer weiteren Bearbeitung unterzogen werden, um die Beste wählen, event. Combinationen vornehmen zu können etc.

3) Markiren der Linie auf dem Terrain und Geschwind-Nivellement.

Die so auf der Karte verzeichnete Linie kann durch Gerade, welche, wo eine Richtungsveränderung vorkommt, in ihren Schnittpunkten die sogenannten Winkelpunkte (Fig. 44) bilden, auf dem Felde ausgesteckt werden, wobei man indessen sich mit Annäherung begnügt und nur die Winkelpunkte draussen fixirt. Man geht hierauf zu dem Geschwind-Nivellement über, indem man in der Richtung von einem Winkelpunkt zum anderen nivellirt und nur an den Fixpunkten (welche wieder zur Rückwärtsvisur dienen) Pfählchen einschlägt; die Längen misst man aus der Karte oder bestimmt sie durch Abschreiten von in der Karte angegebenen Punkten, und wenn man nur unvollständige oder Uebersichtskarten in kleinerem Maassstabe besitzt, fertigt man sich gleichzeitig ein Croquis, worauf die geschnittenen Wege, Wasserläufe, Gräben, Grenzen grösserer Besitze, nahe liegende in Frage kommende Gebäude etc. angegeben sind. Als bemerkenswerthe Punkte nivellirt man die Höhen geschnittener

Wege, die Höhen von Brücken, Hochwasserstände etc., weil diese später Fixpunkte für das Projectiren der Gradiente (der Steigungen und Gefälle)

Fig. 44.



abgeben, indem man die Strassen im Niveau zu überschreiten suchen wird und die Höhenlage der Brücken nach den Hochwasserständen sich richtet.

Giebt die Karte nicht genügende Anhaltpunkte, so muss man die Winkel, welche die vorläufig abgesteckten Geraden machen, messen, was genau genug mit der Kette oder mit Maassstäben durch Messen von 3 Seiten geschieht, um die Linie auftragen zu können. In der Nähe der Winkelpunkte nivellirt man seitwärts einige Punkte ein, um beurtheilen zu können, wie sich das Profil verändert, wenn man die Curven berücksichtigt, deren Scheitelpunkt eine gewisse Entfernung vom Winkelpunkt hat, die man, im Besitz von Curventabellen, kennt. Ausserdem nivellirt man bei Schnitten stark geneigter Wege oder Wasserläufe die Krone der ersteren und Sohle der letzteren rechts und links von der abgesteckten Linie ein, um beurtheilen zu können, welchen Einfluss eine seitliche Verschiebung oder auch Drehung der Geraden um einen Winkelpunkt etc. hat.

Mit diesen Daten ist man im Stande, eine ungefähre Situation und ein Profil des Terrains, am einfachsten auf quadrirtem Papier, wobei die Höhen stark vergrössert werden (z. B. Längen $^1/_{20000}$, Höhen $^1/_{1000}$), herzustellen, und wobei man auf die Verlängerung wegen der Curven vorläufig keine Rücksicht zu nehmen braucht. Mit Berücksichtigung der durch die Fixpunkte (vorhandene Wege, Brücken resp. Hochwasser) gegebenen Höhen kann man die Gradienten, welche die Steigungen angeben, unter Beachtung der darüber gegebenen Regeln eintragen, wobei man eine zweckentsprechende Compensation der Erdarbeiten (Ausgleichen von Dämmen und Einschnitten; bei zu weiten Transporten Seitenentnahme und Ablagerung event. vorzuziehen) zu erreichen sucht; hiernach ist man weiter im Stande, einen generellen Kostenüberschlag anzufertigen, indem man die Anzahl zu transportirender Schachtruthen und die durchschnittliche Transportweite annähernd bestimmt und einen nach ähnlichen Ausführungen bekannten Durchschnittswerth, welcher auch alle Nebenarbeiten (Bekleidung der Böschungen, Geräthe etc.) begreift, zu Grunde legt. Die Bauwerke (Brücken, Durchlässe) veranschlagt man stückweise, oder nach laufenden Fussen, oder auch man ermittelt, wenn man etwas genauer verfahren will, die erforderlichen Cubikeinheiten Mauerwerk und legt dafür einen Durchschnittspreis zu Grunde, den man nach Maassgabe der localen Preise ermittelt und vorsichtig hoch genug setzen muss, auch weil die Nothwendigkeit mancher Bauwerke anfänglich übersehen wird. Sonstige Zubehörungen veranschlagt man nach bekannten Sätzen stückweise, pro laufende Ruthe, oder nach der durchschnittlichen Anzahl auf die Meile bei ähnlichen Strassen u. s. w., wobei man die einzelnen Titel oder Rubriken des späteren Special-Anschlages der Vergleichung halber schon jetzt zu Grunde legt. (Siehe solche im Anhange). Nach diesem Ueberschlage wird man sich für eine der projectirten Tracen entscheiden, und zugleich aufmerksam geworden sein, welche Verbesserungen man an dieser anbringen kann; dann wird man zu der specielleren Bearbeitung derselben übergeben.

4) Specielles Ausstecken der geraden Linien und Curven, und Nivellement.

Ist das Terrain wenig coupirt und übersichtlich, so kann man ohne Weiteres zur genauen Feststellung der Linie übergehen und die erforderlichen Correcturen anbringen; man verschiebt wenn nöthig die Linie, um das Alignement und Profil zu verbessern, und sucht sich mit den Curven möglichst dem Terrain anzuschliessen, um die Erdarbeiten herabzuziehen, wobei man die Vorschriften wegen der kleinstzulässigen Radien berücksichtigt.

Hierauf folgt das genaue Abstecken der Linie und das Abpfählen derselben oder Stationiren, indem man in Abständen von gewöhnlich 10 Ruthen starke Nivellementspfähle (3 — 4 Zoll im Quadrat, $2^1/_2$ — 4 Fuss lang) einschlägt, die einige Zolle über dem Boden stehen und einen mit letzterem möglichst in gleicher Höhe befindlichen Ansatz haben, worauf die Zielscheibe oder Latte gestellt wird. Andere schlagen einen besonderen Nivellirpfahl neben den Stationspfahl. Diese Pfähle werden vom Ausgangspunkte her numerirt durch eingebrannte Ziffern; dazwischen werden bemerkenswerthe Punkte des Terrains, Erhöhungen, Sinken, Wälle an Gräben, hohe Ufer etc., die für das Nivellement Interesse haben, durch schwächere Pfähle bezeichnet, die mit beim Stationiren eingemessen werden. Gleichzeitig sind die Curven abgesteckt und die Stationirung geht durch, wobei man zweckmässig den Tangentenpunkt der Curve durch einen besonderen, mit T markirten Pfahl bezeichnet.

Hierauf folgt das specielle und genaue Nivellement, wobei man die gebräuchlichen, hier als bekannt vorausgesetzten Schemata benutzt[1]). Die Fixpfähle werden zwei oder mehre Male einvisirt und aus den Ablesungen wird das Mittel genommen, zur Vorsicht nivellirt man möglichst aus der Mitte und sucht auf der ganzen Strecke die Länge der Vor- und Rückwärts-Visuren möglichst gleich zu bekommen. Zweckmässig wird zur Sicherheit das Nivellement der Fixpfähle durch einen Anderen durch nochmaliges Nivelliren vom anderen Ende her controlirt. Man nivellirt auch seitlich der Strasse vorhandene, unveränderliche Fixpunkte, z. B. Brücken-Abdeckungen, Schwellen und Sockel von Häusern mit ein, um zuverlässige Marken, wenn etwa Pfähle verloren gehen sollten, in der Nähe zu haben.

Hiernach kann die Auftragung des genauen Nivellements und die weitere sich darauf stützende Bearbeitung des Projectes nach Eintragen der Gradienten, Grabensohlen, Brückenprojeckte etc. erfolgen, wobei man die in verschiedenen Ländern verschieden vorgeschriebenen Anschlagsrubriken, von denen die in der Provinz Hannover gebräuchlichen im Anhange angeführt, zu Grunde legt. Zeigen sich im Verlaufe dieser Bearbeitung Aenderungen der Linie noch erforderlich,

---

[1]) Vergl. Plessner, Anleitung zum Veranschlagen von Eisenbahnen. 2. Aufl. Berlin 1866. pag. 23.

so nimmt man diese an einzelnen Stellen vor, ohne dass desshalb die Stationirung durchweg zu verändern ist; man erhält dann einzelne Stationen, welche nicht voll 10 Ruthen lang oder etwas länger sind, was man im Profil vermerkt. Nach Vollendung des Baues wird die Strasse in Meilen und Bruchtheile derselben getheilt, so dass die frühere Stationirung doch wegfällt. Eine Nichtübereinstimmung der späteren Messung nach Meilen mit den ursprünglichen Stationen, die auf der Karte angegeben sind, weil wiederholte Messungen stets etwas verschiedene Resultate geben, muss man möglichst auszugleichen suchen, damit die Stationen der Länge nach mit den Meilen stimmen.

5) Die Vermessung der Situation zum Zwecke der Kartirung

wird nach genauer Abpfählung und Stationirung der Linie vorgenommen, wobei man die Linie selbst als Basis benutzt, Dreiecke darauf setzt und in diese die Situation hinein misst. Die erforderliche Breite der Messung rechts und links der Mittellinie ist je nach Umständen verschieden, 25 bis 50 Ruthen hannov. werden meistens genügen, um die Veränderungen, welche die Zukömmlichkeiten, die Wasserläufe etc. erleiden, erforderliche Wegeverlegungen, Anlage von Parallelwegen, Terrain zu Abgrabungen, Ablagerungen event. Gewinnung von Material etc. ersehen zu lassen. Was diese Karten, um bei den vorkommenden Expropriationsverhandlungen gebraucht zu werden, enthalten müssen, ist in dem Capitel Alignement und Profil der Strassen bemerkt. Sind Verkoppelungskarten oder ähnliche genaue Aufmessungen vorhanden, so wird man die besondere Aufmessung der Expropriationskarten ersparen können, wie man ebenfalls vorhandene Verkoppelungskarten benutzen kann, um sich auf einfache Weise und rasch mit Hülfe des Storchschnabels etc. Uebersichtskarten anzufertigen.

6) Herstellung von Querprofilen zum Zweck der Anfertigung von Horizontal-Curven und genauerer Berechnung der Erdarbeiten.

Ist das Terrain coupirt, und muss sich die Linie mit vielen Windungen demselben anschliessen, wobei eine Verlegung der Mittellinie erheblichen Einfluss auf die Erdarbeiten und sonstigen Arbeiten haben würde, hat man also mit einem Terrain zu thun, wo die Veränderung der Linie an einer Stelle weitgreifende an anderen hervorruft, so kann man nicht so ohne Weiteres, wie vorhin angegeben, verfahren, sondern man muss sich eine genaue Uebersicht des Terrains zu verschaffen suchen. Dies geschieht, indem man die vorläufig ausgesteckten und nivellirten Geraden benutzt, um, nachdem man solche stationirt hat, in Entfernungen von 5 — 10 Ruthen und mehr, rechtwinkelig gegen dieselben gerichtete Quernivellements aufzunehmen, welche Punkte in 1 Ruthe Entfernung von einander oder auch näher festlegen, und sich reichlich so weit von der vorläufig abgesteckten Linie erstrecken, als vermuthlich eine Verlegung

geschehen wird. Diese Querprofile nimmt man, je nachdem das Terrain coupirt ist, mit Hülfe des Nivellir-Instruments, eines Gefällmessers, mit der Wasserwage, mit Setzwage und Richtscheit etc.[1]). Im Besitz dieser Maassen kann man Horizontalcurven auftragen, welche, je nach Bedarf, in Höhen von 5 oder 10 Fuss in durch runde Zahlen ausgedrückten Höhen über irgend einen Fixpunkt, der dem Nivellement zu Grunde liegt, in die Karte getragen werden. Das Auffinden der Stelle, wo eine runde Zahl zwischen zwei nivellirten gelegen ist, geschieht durch Ansatz einer einfachen Proportion. In die so mit Horizontalcurven versehene Karte kann man nun eine Linie eintragen, welche mit den zulässigen und festgestellten Steigungen, die zwischen gewissen Grenzen liegen sollen und nicht über ein Maximum gehen dürfen, wie an betreffender Stelle angegeben, im Terrain liegt, und die allgemeine Richtung der Strasse möglichst verfolgt. In diese Linie probirt man nun (mittelst Hülfe einer durchsichtigen Schablone von Glaspapier oder Horn), worauf Curven der verschiedensten Halbmesser verzeichnet stehen (mit kurzen Anfängen der Radien, um Tangenten ziehen zu können) entsprechende Curven hinein, die sich ihr möglichst anschliessen, und man kann dann ein Profil des Terrains und die Gradienten auftragen, um zu sehen, welche Erdarbeiten man erhält, und wie man die Linie noch corrigiren kann. Man stationirt einstweilen mit dem Zirkel auf der Karte, vorbehältlich der genauen Aussteckung und Stationirung auf dem Terrain, wobei man die Linie in den Feinheiten ausarbeitet und meistens noch etwas verändert. Die genommenen Querprofile dienen zur Berechnung der Erdarbeiten und an coupirten stark abhängigen Stellen nimmt man fernere Querprofile, entsprechend der Genauigkeit, welche man bei Veranschlagung der Erdarbeiten wünscht.

Hat man von vornherein Karten mit Horizontalcurven, so ist das Projectiren von Strassenlinien wesentlich erleichtert. Figur 1, Tafel I, zeigt eine solche mit verschiedenen eingetragenen Strassenlinien und Profilen des Terrains, wobei die Horizontalen 10 Fuss nach der Höhe von einander liegen und die grösste Steigung $^1/_{30}$ beträgt, da die kürzeste Länge, im Grundriss gemessen, 300 Fuss ist. Der Anfänger kann diese Karte benutzen, um kürzere Strassen zu projectiren, und um zu sehen, wie die Gradienten, wenn man dabei dem Terrain folgt, sich verschlechtern oder beim Verbessern der Gradienten sich Erdarbeiten und Kunstbauten vertheuern. Derartige Strassenlinien nach Horizontalcurven projectirt, finden sich in den Werken von Umpfenbach, Steenstrup, Wedeke, Becker etc. über Strassenbau angegeben.

Man kann auch mit Hülfe von Winkelinstrumenten, Gefällmessern etc. Linien von bestimmten Steigungen, ohne dass man Längenmessungen zu machen braucht, aufsuchen, sich ferner beim generellen Aufsuchen von Linien mit

[1]) Wiebe, Festlegung einer Eisenbahnlinie durch das Horizontal-Curvennetz. Zeitschr. des hann. Arch. u. Ing.-Vereins. 1868. XIV. pag. 415 A.

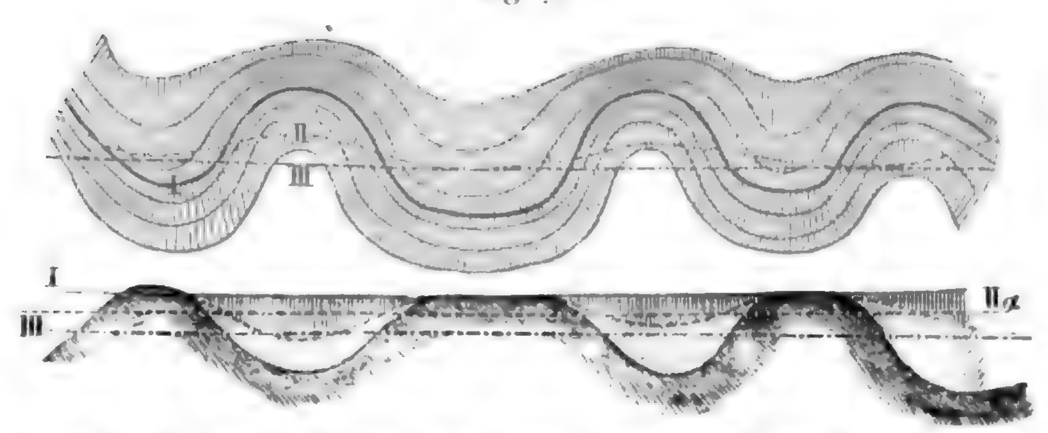
Nutzen der Distanzmesser, oder auch Nivellirinstrumente, welche mit Vorrichtungen zum Distanzmessen versehen sind, bedienen, worüber ausführlich beim Eisenbahnbau gehandelt werden wird. Der geübte Ingenieur verfährt nicht immer so schematisch, wie eben angegeben, sondern benutzt verschiedene Hülfsmittel, die er selbst erfindet, und erspart sich manche Arbeiten, die der Anfänger, um keine groben Irrthümer zu begehen, vornehmen muss.

B. Capital, welches der Vergleichung zweier Strassenzüge zu Grunde gelegt werden muss.

Bei allen derartigen Tracirungen wird man finden, dass bei übrigens richtig gewählter Linie eine Verbesserung des Alignements, d. h. Abkürzung durch Abflachen der Curven und eine Verbesserung des Profils durch Abflachen der Steigungen, grössere Erdarbeiten und auch häufig grössere Kunstbauten herbeiführen, überhaupt die Anlage vertheuern; ferner, dass, wenn man keine Mehrkosten aufwenden will, eine Verbesserung des Alignements meistens eine Verschlechterung des Profils zur Folge hat und umgekehrt. Es kommt darauf an, das Richtige zu treffen und zu erwägen, welche Mehrkosten für den Bau man aufwenden kann, um den Betrieb der Strasse zu erleichtern, indem man das Profil verbessert und die Strasse abkürzt; man muss daher bei der Wahl zweier in dieser Beziehung verschiedenen Projecte dasjenige wählen, bei welchem die Anlagekosten und die capitalisirten jährlichen Betriebs- und Unterhaltungskosten der Strasse zusammengenommen die kleinste Summe ausmachen; auch muss man das Betriebs-Capital, d. h. die erforderliche Anzahl Wagen und Pferde veranschlagen und hinzufügen, einerlei, ob deren Kosten von einer dritten Person getragen werden; denn es handelt sich um den ökonomischen Erfolg überhaupt, d. h. wie durch eine gewisse Leistung der grösste Nutzeffect erreicht werden kann. (Vergl. concurrirende Strassen.) Je grösser nun die Frequenz einer Strasse ist, um so mehr werden die durch Verbesserung der Trace und des Alignements erreichten Ersparnisse an Betriebskosten in die Waage fallen, wesshalb es im Allgemeinen um so mehr angezeigt ist, die mehr kostende Strasse zu wählen, je grösser die Frequenz ist oder bald zu werden verspricht, ganz abgesehen davon, dass eine bequemere und kürzere Strasse die Frequenz mehr und rascher heben kann, als eine unvollkommenere.

Das Schema (Fig. 45) verdeutlicht das Vorhergesagte. Die längste, aber wegen der geringen Erdarbeiten, weil dem Terrain sich anschliessend, im Anlage-Capitale billigste Strasse wird die ausgezogene I sein. Wählt man die punktirte II und bleibt auf dem Terrain, so wird die Strasse kürzer, aber man bekommt schlechtere Gradienten. Behält man die Gradienten der Strasse I bei, so wird man die punktirte auf II a senken, um die Erdarbeiten auszugleichen (Dämme und Einschnitte zur Beschaffung des Materials zu compensiren); dann erhält man mehr Erdarbeit, nämlich die vertikal gestrichelten Dämme und zugehörigen

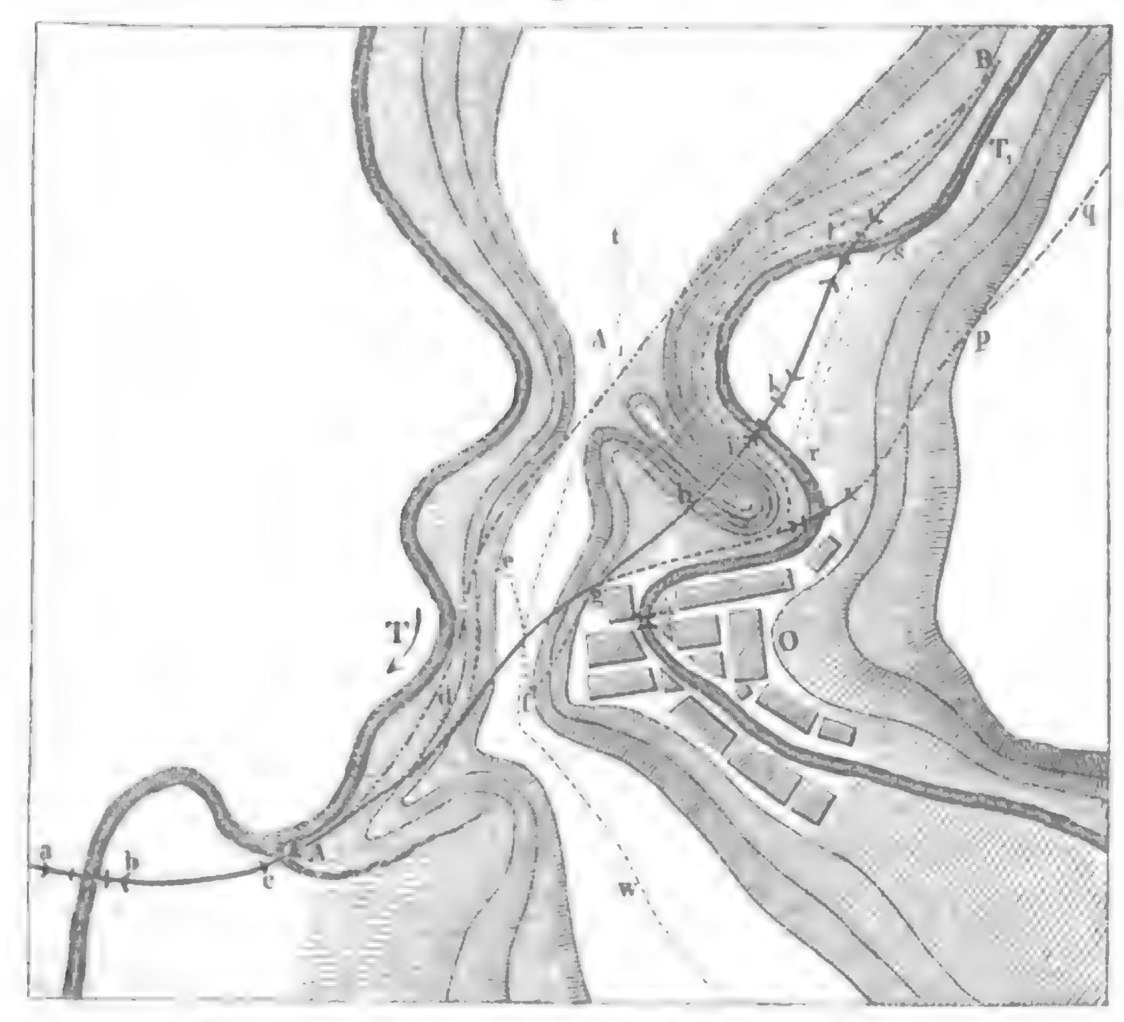
Fig. 45.



Einschnitte und längere Brücken in diesen Dämmen als sub I, wo die Linie im Terrain lag. Wählt man endlich die kürzeste Linie sub III, so vergrössern sich bei gleich gutem Profil mit I die Erdarbeiten und die Kunstbauten (Brücken event. Futtermauern etc. [1]).

Nachstehende Figur zeigt ein Schema, wie man verschiedene Wege mit einer

Fig. 46.



[1]) Vergleiche Beispiele vom Traciren im theoretisch-prakt. Handbuche des Chausseebaues etc., von J. C. Wedeke. Quedlinburg und Leipzig. Basse. 1835.

Linie einschlagen und versuchen kann, welches sich nach dem bisher Gesagten selbst erklärt. $A A_1 B$ ist hier der einfachste und billigste Weg, um von dem Thale T in das Thal T_1 zu gelangen. Wollte man den Ort O berühren, so käme eine der anderen Linien in Frage.

C. Sonstige Erkundigungen, welche bei Gelegenheit der Vorarbeiten einzuziehen sind.

Bei Gelegenheit der Vorarbeiten sind noch verschiedene Erkundigungen einzuziehen, deren Resultat für die Wahl der Linie von Wichtigkeit ist, und welche die nöthigen Daten für zutreffende Dispositionen bei der Ausführung und zur Veranschlagung beschaffen helfen und geeignet sind, bei einem motivirten Berichte über die Wahl der Linie benutzt zu werden. Hierhin gehören, so lange die Wahl der Linie noch schwankt, das Einsammeln charakteristischer Merkmale über das betreffende Terrain bezüglich der vorkommenden Bodenarten, ob z. B. jüngere oder ältere Gebirgsformationen berührt werden, ob Sand, Lehm, Thon und besonders Kies vorhanden sind, ob Material zum Steinschlag oder Pflaster in der Nähe und ob gute Zufuhrwege vorhanden sind. Das Aussehen der Gegend und die Vegetation geben oft Anhaltspunkte; ferner Steinbrüche, zu Tage liegende Felsen, tiefe Brunnen etc. Man zieht Erkundigungen über Schneeanhäufungen, Wasserverhältnisse, Höhe, Dauer und Zeit des Hochwassers bei grösseren Gewässern, Verlauf desselben bei kleineren, Verhalten der Gewässer im Winter, Eisgang etc. ein, erkundigt und verzeichnet das Inundationsgebiet, den zeitweilig oft veränderten Lauf der Gewässer bei starkem Regen und Wolkenbrüchen; die Beschaffenheit des Flussgeschiebes und des Materials am Boden der Gewässer sind für die Bestimmung der Brückenweiten von Interesse [1]). Die höchsten Wasserstände sind von den Anwohnern gewöhnlich an Häusern oder sonstigen festen Punkten bemerkt. Man erkundigt sich bei älteren zuverlässigen Leuten und vergleicht deren Angaben sorgfältig, um sie gegenseitig zu controliren, und nivellirt die richtigen Höhenpunkte ein, um den Stand und das Gefälle des Hochwassers in das Profil eintragen zu können.

Sobald mit dem Fortschreiten der Arbeit man sich für die eine Linie entscheidet, zieht man speciellere Erkundigungen ein über die Beschaffenheit und die beste Art des Bezuges der verschiedenen Baumaterialien, und die Lage wie Beschaffenheit der Land- und Wasserwege etc., auf welchen solche am bequemsten, raschesten und billigsten herbeizuschaffen sind, wie ebenfalls darüber, welche Quantitäten von verschiedenen Producenten innerhalb einer gewissen Frist geliefert werden können. Dies gilt z. B. von allen Bauma-

[1]) Vergl. Anhang über die Bestimmung der Durchflussweiten von Brücken und Durchlässen.

terialien, z. B. Bruchsteinen, Quadern, Ziegelsteinen, Drains- und Canalziegeln, Kalk, Cement, Trass, Bauholz u. s. w., wobei man sich die Namen und Preise der Anbietenden notirt.

Das gebräuchliche Tagelohn (welches indessen bei grossen Arbeiten, wo grosser Zusammenfluss von Leuten stattfindet, steigt) erkundigt man, ferner ob Arbeitskräfte an Menschen und Zugthieren genügend zu haben sind und ob und wie für dieselben Unterkommen zu beschaffen ist. Ebenso erkundigt man brauchbare Handwerksmeister in der Nähe, am besten solche, welche schon bei ähnlichen Ausführungen gearbeitet haben, und lässt sich in Tabellen, welche die einzelnen Arbeiten, z. B. bei Maurer-, Steinhauer- und Zimmerarbeit etc. angeben, von den Meistern oder Unternehmern die Einheitspreise, welche sie fordern, ausfüllen. Diese Preise benutzt man später bei der Veranschlagung, indem man sie zur Sicherheit um etwas (5 — 10 Proc.) erhöht.

Ebenfalls ist es von Wichtigkeit, die ungefähren Preise der Ländereien, welche die Strasse berührt, durch competente Schätzer zu erfahren, um sie der Voranschlagung zu Grunde zu legen, oder wenigstens doch einige Preise und die Bonitätsverhältnisse kennen zu lernen.

Steht die Linie schon ziemlich fest, so kann man sich von der Beschaffenheit des Untergrundes und dem Stande des Grundwassers durch Grabungen, event. durch Sondirungen und Bohrungen näher überzeugen, welche Daten man bei der Veranschlagung der Erdarbeiten und dem Projectiren der Brücken (Fundamente, Roste etc.) später benutzt. Die Resultate etwaiger Bohrungen trägt man, die Höhen auf die Horizontale des Nivellements bezogen, in Tabellen und später in das Profil ein, und verwahrt auch wohl die Bohrproben in kleinen Kästchen mit Abtheilungen, wobei man die Stationen und Tiefen übersichtlich bemerkt.

Erkundigungen über Wasserstände von Schifffahrts-Canälen, Mühlbächen, Gerinnen, über etwaige wegen des Bergbaues, falls man solche Districte berührt, erforderliche Rücksichten, über Schifffahrtsverhältnisse, z. B. Breite und Höhe von Schiffen, Grösse der Flösse zur Bestimmung von Brückenweiten, höchster Wasserstand, bei dem noch Schifffahrt stattfindet, Construction der Schiffe, z. B. ob niederlegbare Masten und Schornsteine etc. Auch die vorhandenen Brückenweiten und Höhen der Brückenscheitel und Kämpfer von oberhalb oder unterhalb der Strasse gelegenen Brücken notirt man sich, erkundigt sich, ob die Brückenweiten genügt haben, ob ein erheblicher Stau stattgefunden, die Sohle ausgerissen wurde, ob das Hochwasser noch anderweitig abfloss; alles Daten, welche im Anhange bei dem Capitel über Bestimmung der Brückenweiten ausführlicher angegeben sind.

Bei den generellen Vorarbeiten sammelt man zweckmässig auch die Daten, welche dazu dienen können, über den muthmaasslichen Verkehr und die Rentabilität der Strasse Auskunft zu geben. Man sucht eine Ueber-

sicht über die Productionsfähigkeit der auf die Strasse angewiesenen Umgebung zu erlangen, wie sich solche event. vermehren werde unter dem Einfluss der Strasse und vorhandener oder noch zu erbauender Eisenbahnen oder anderer Communicationen, ob neue Productionen, Bergwerke, Steinkohlengruben, Steinbrüche etc. dadurch entstehen können, ob der Personenverkehr sich erheblich vergrössern werde, überhaupt, wie der Localverkehr und auch ein Verkehr von weit her durch die eine oder andere Richtung begünstigt werde, um im ersteren Falle Umwege zur Berührung kleiner Orte, im anderen Abkürzungen und Vorbeigehen in grösserer Entfernung an denselben zu motiviren.

Mit grossem Nutzen hört man oft, wenn man nur die richtigen und der Fassungskraft derartiger Personen entsprechenden Fragen zu stellen weiss, die Ansichten und Meinungen erfahrener Personen aus der Umgebung, z. B. der Ortsvorstände, Bauermeister etc. über die gewählte Linie, und sie können bei genauer Kenntniss der Gegend und Verhältnisse oft nützliche Winke geben, z. B. bei oft complicirten Ent- und Bewässerungsverhältnissen etc., über die Beschaffenheit des Untergrundes etc. Nur muss man vorsichtig das Brauchbare derartiger Angaben auszuscheiden wissen, und solche im Zusammenhange vergleichen, da eine Uebersicht über den guten Zusammenhang der einzelnen Strecken und über das ganze Project diesen Leuten nicht beiwohnen kann, auch häufig Privatinteressen ihren Rathschlägen und Angaben zu Grunde liegen.

D. Angaben über das Abstecken der Curven.

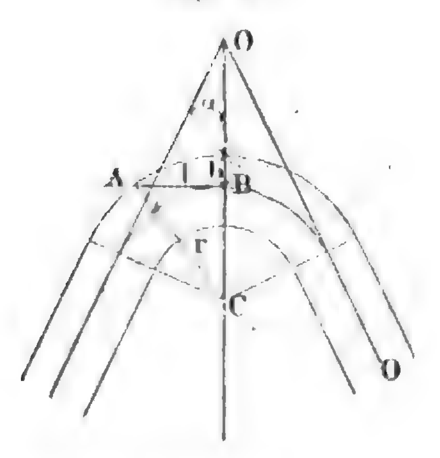
Nachdem man durch gerade Linien die Richtung der Strasse in den Hauptzügen festgestellt hat und die Winkelpunkte bestimmt, handelt es sich darum, die Geraden durch Curven zu verbinden. Der kleinste Halbmesser hängt von der Breite der Strasse und Länge der Bespannung ab. Die hann. Instruction bestimmt, dass im Allgemeinen der Halbmesser der Curve mit der Grösse des Winkels, welchen diese Linien bilden, im angemessenen Verhältniss stehen solle, und zwar: dass der Radius der Curve in Ruthen à 16 Fuss ausgedrückt, nicht kleiner sein soll, als die Zahl der Grade des Winkels durch 10 getheilt. Z. B. bei $\angle$ von $80^0 = 8^0$, bei $\angle$ von $90^0 = 9^0$ etc.

Was die Breite der Strasse bezüglich der Länge der Gespanne angeht, so sind dafür folgende Annahmen verschiedener Autoren anzuführen. Man verlangt, dass, wenn die Pferde sich auf dem Kreisbogen bewegen, der Zug stets tangential bleibe, also wenn (Fig. 47) l die Länge des Gespannes, dass der Endpunkt A stets auf der Strasse bleibe. Ist b die halbe Breite der Strasse, so ist $l^2 + r^2 = (r + b)^2$

$$l^2 + r^2 = r^2 + 2\,r\,b + b^2 \text{ also}$$

$$r = \frac{l^2 - b^2}{2\,b}$$

Fig. 47.



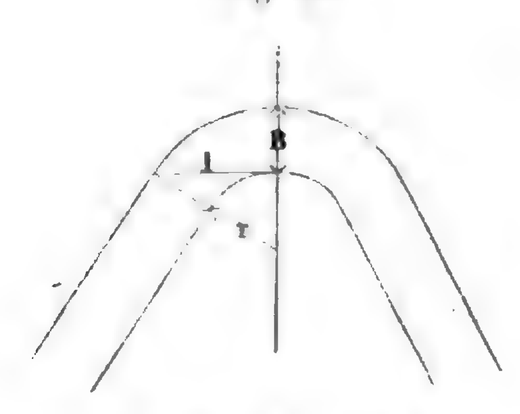
Die hann. Instruction hat als Minimum:

$$r = \frac{l^2}{2\,B}$$

und setzt $l = 56$.

Man hat nämlich, wenn die Pferde und Räder sich an den Kantensteinen bewegen

Fig. 48.



$$(r + B)^2 = l^2 + r^2 \text{ also}$$

$$2\,r\,B + B^2 = l^2$$

und B^2 gegen $2\,r\,B$ vernachlässigt,

$$r = \frac{l^2}{2\,B},$$

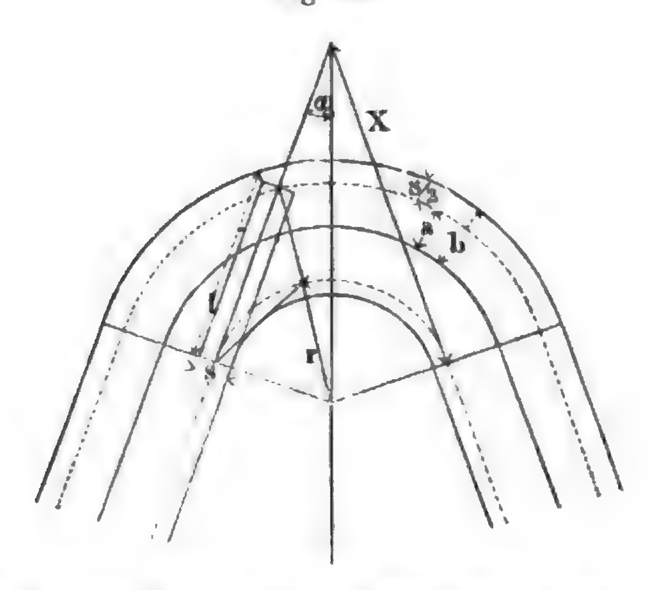
also hat man bei 56 Fuss langer Bespannung (Vierspänner), bei Breiten der Steinbahn von

24 Fuss	...... 4^0	Radius
22 „	...... $4^1/_2{}^0$	„
20 „	...... 5^0	„
18 „	...... $5^1/_2{}^0$	„
16 „	...... 6^0	„
14 „	...... 7^0	„
12 „	...... 8^0	„

Man kann auch diese Gleichung leicht für B auflösen und ersieht, dass bei gleicher Bespannung die Strassenbreite nur vom Radius, nicht vom Centriwinkel des Bogens abhängig ist, also dass alle Strassen von gleichen Radien, gleiche Breiten erfordern.

Bei der gezeichneten Bedingung, wobei das äussere Pferd und das äussere

Fig. 49.



Rad noch auf der Strasse bleiben sollen, erhält man das Folgende: Bezeichnen b die halbe Strassenbreite, s die Spurweite des Wagens, und ist $a = b - \frac{1}{2} s$, oder weil s annähernd $= \frac{1}{2} b$, ist $a = \frac{3}{4} b$, so hat man aus der Figur

$$(r + 2a)^2 = r^2 + l^2$$

$$r^2 + 4ra + 4a^2 = r^2 + l^2$$

$$r = \frac{l^2 - 4a^2}{4a}$$

oder

$$r = \frac{l^2 - \frac{9}{4} b^2}{3b}$$

und nennt man B die ganze Strassenbreite, so ist $b = B/_2$, also

$$r = \frac{l^2 - \frac{9}{16} B^2}{1{,}5 B}$$

$$r = \frac{4 l^2 - \frac{9}{4} B^2}{6 B}$$

z. B. für $l = 56$; $B = 24$, ist

$$r = \frac{4 \,.\, 3136 - \frac{9}{4} \,.\, 576}{144}$$

$$= \frac{11248}{144} = 78 \text{ Fuss,}$$

wozu noch für die Mitte $a = \frac{3}{8} B = \frac{3}{8} \,.\, 24 = 9$ Fuss, zusammen 87 Fuss.

Nach der Formel

$$r = \frac{l^2 - b^2}{2b}$$

hätte man gehabt

$$r = \frac{3136 - 144}{24} = 125 \text{ Fuss.}$$

Für die Tangentenlänge X hat man noch

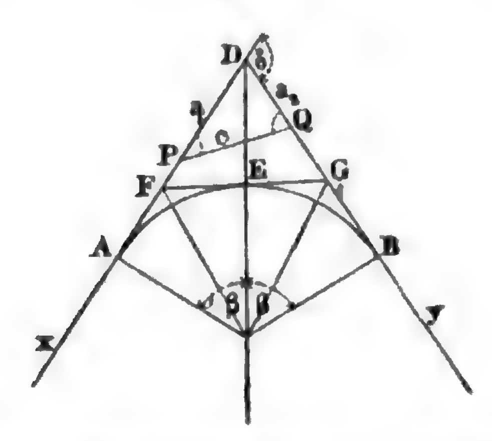
$$X = \frac{r}{\text{tang } \alpha}.$$

Für die Verbindung der geraden Linien durch Curven, resp. das Abstecken der letzteren, hat man eine grosse Anzahl Methoden, von denen die gebräuchlichsten hier kurz angeführt werden mögen.

1) Abstecken von der Tangente aus.

Am Winkelpunkte D misst man mit der Kette oder dem Theodoliten, den

Fig. 50.



$\angle \delta$, dann ist der halbe Centriwinkel $\beta = \delta/_2$. Kann man δ nicht unmittelbar messen, so misst man $\angle$ D P Q und $\angle$ D Q P und die Länge c. Dann ist

$$\delta = \angle P + \angle Q$$

und

$$DP = a_1 = \frac{c \sin Q}{\sin \delta}$$

$$DQ = a_2 = \frac{c \sin P}{\sin \delta}.$$

Ferner die Tangentenlänge

$$DA = t = r \text{ tang } \beta.$$

Es sind daher die von P und Q aus abzuschneidenden, die Tangentenpunkte A und B bestimmenden Stücke:

$$PA = s_1 = t - a_1 = r \text{ tang } \beta - \frac{c \sin Q}{\sin \delta},$$

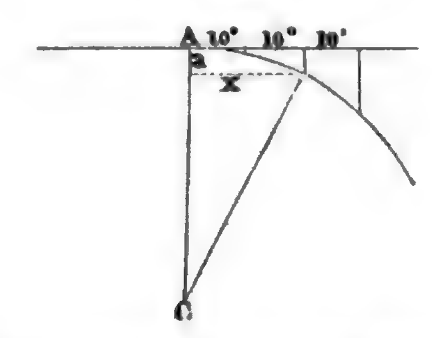
$$QB = s_2 = t - a_2 = r \text{ tang } \beta - \frac{c \sin P}{\sin \delta}.$$

Wird die Tangente A D zu lang, so dass die zu nehmenden, mit dem Winkelkreuz oder nach Augenmaass normal abzusetzenden Ordinaten zu lang werden, so benutzt man die Hülfstangenten E F und E G, indem man von A, $AF = r \text{ tang } \beta/_2$ und von B dieselbe Länge absetzt, welches Verfahren man beliebig mit $r \text{ tang } \beta/_4$ etc. wiederholen kann. Zur Controle misst man, ob $FG = 2\,AF$ ist und halbirt wohl, wenn es angeht, mit dem Theodoliten den

$\angle$ F D G. Dann muss die abgesteckte und berechnete D E in die F G fallen, wenn genau gearbeitet ist.

Die Länge der Abscissen a, welche zu den Ordinaten x gehören, die man

Fig. 51.



bei Curven von grossem Halbmesser alle 10^0, bei kleineren 5^0, oder nach Belieben näher annimmt, bestimmt sich aus der Gleichung

$$(r - a)^2 + x^2 = r^2 \text{ oder}$$

$$r^2 - 2\,a\,r + a^2 + x^2 = r^2, \text{ oder}$$

wenn man bei grossem Halbmesser a^2 gegen $2\,a\,r$ vernachlässigen kann, $2\,a\,r = x^2$, daher

$$a = \frac{x^2}{2\,r};$$

will man genauer rechnen, so hat man

$$(r - a) = \sqrt{r^2 - x^2}$$

oder

$$a = r - \sqrt{r^2 - x^2}.$$

Für diese Abscissen finden sich in verschiedenen Werken zum Abstecken von Curven, z. B. Kröhnke, Waege, Bona, Brunckow, Usener etc., die Werthe berechnet.

Ist die Curve durch Pfähle oder Baaken bezeichnet, so kann man von A aus mit 10^0 oder 5^0 die Linie weiter stationiren. Verlangt man, dass die Abscissenlängen so gewählt werden, dass die Curvenpunkte auf dem Bogen richtig stationirt sind, so kann man das von Sonne (auch im Kröhnke) — Notizblatt des hann. Arch.- und Ing.-Vereins, Band 1, $18^{51}/_{52}$, pag. 86 — angegebene Verfahren anwenden.

2) Abstecken von der Sehne aus (Fig. 52).

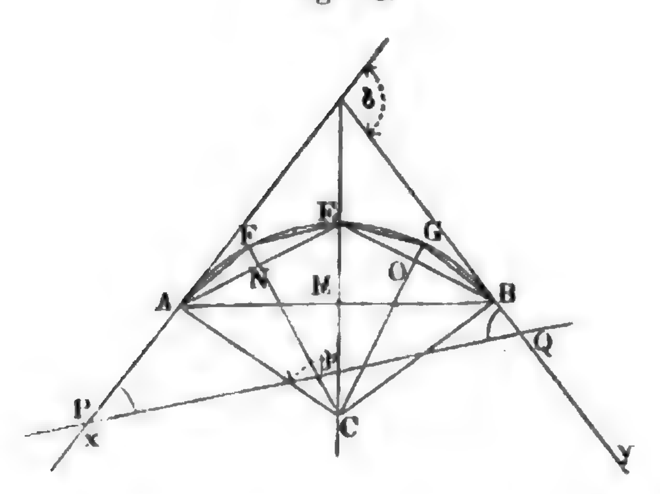
Man hat wie vorhin $\angle\, A\,C\,B = \delta = \angle\, P + Q$

ferner

$$P\,A = s_1 = \frac{c \sin Q}{\sin \delta} - r \tang \beta$$

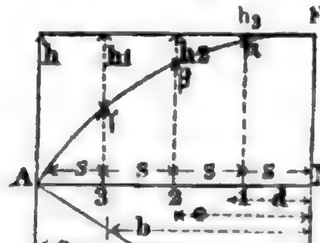
$$Q\,B = s_2 = \frac{c \sin P}{\sin \delta} - r \tang \beta.$$

Fig. 52.



Man findet so A und B und misst $AM = BM = r \sin \beta$ ab, und errichtet das Perpendikel $EM = r(1 - \cos \beta)$. Dann misst man in AE, $AN = r \sin \beta/_2$, und errichtet das Perpendikel $FN = r(1 - \cos \beta/_2)$ u. s. w. Oder man theilt auch die halbe Sehnenlänge AN in n gleiche Theile, und macht die Normale

Fig. 53.



$$\overline{1\alpha} = h\left(1 - \left(\frac{1}{n}\right)^2\right)$$

$$\overline{2\beta} = h\left(1 - \left(\frac{2}{n}\right)^2\right)$$

$$\overline{3\gamma} = h\left(1 - \left(\frac{3}{n}\right)^2\right),$$ was nur annähernd richtig

ist, denn es ist z. B. $(r - h)^2 + a^2 = r^2$ oder

$r^2 - 2rh + h^2 + a^2 = r^2$ und weil

2 r h sehr gross gegen h', letzteres vernachlässigt, bleibt:

$$2rh = a^2 \text{ oder } h = \frac{a^2}{2r}.$$

Ebenso ist $h_1 = \frac{b^2}{2r}$; $h_2 = \frac{c^2}{2r}$; $h_3 = \frac{d^2}{2r}$;

mithin $h - h_1 = 3\overline{\gamma} = h\left(1 - \frac{h_1}{h}\right)$

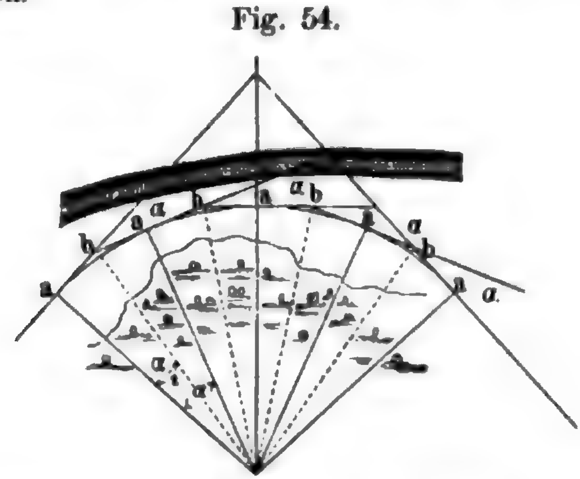
$$= h\left(1 - \frac{\frac{b^2}{2r}}{\frac{a^2}{2r}}\right) = h\left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right);$$

und wenn $a = ns$ und z. B. $b = 3 \,.\, s$ ist,

$$3\,\overline{y} = h\left(1 - \left(\frac{3}{n}\right)^2\right) \text{ u. s. w.}$$

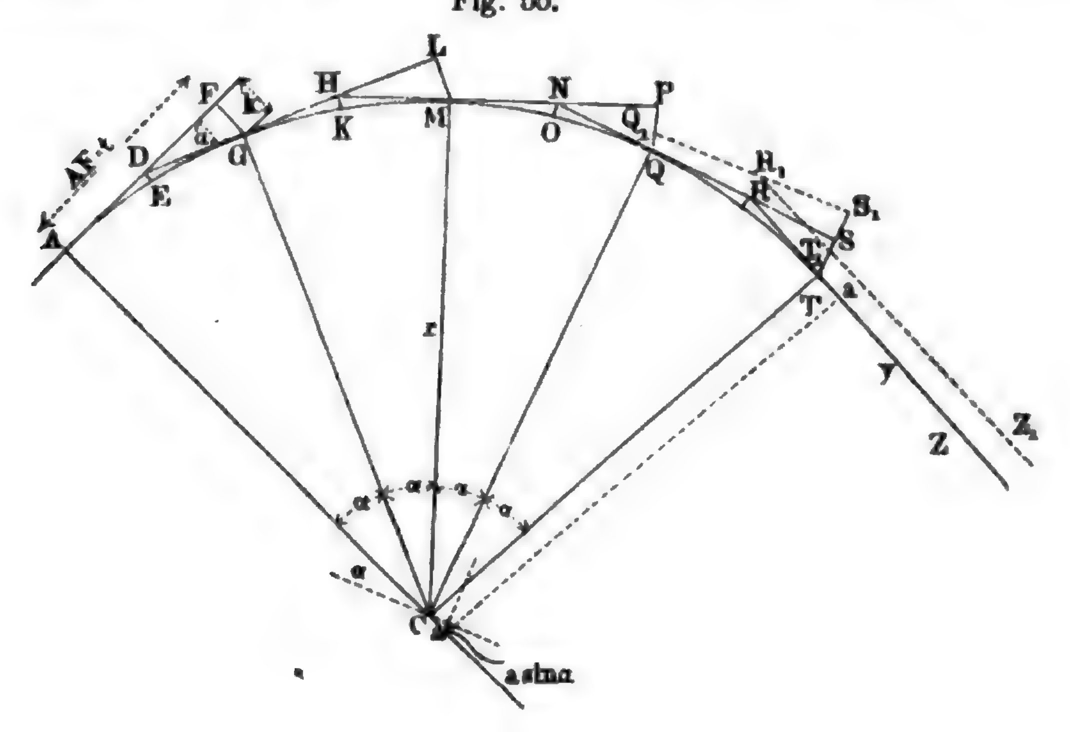
Mit dem Theodoliten kann man, wenn sonst nicht anzukommen, sich die Umfangswinkel α abstecken und die zugehörigen Tangenten-Längen a b abmessen $= r$ tang $\frac{\alpha}{2}$, und dann wie früher Ordinaten absetzen, doch muss man sehr genau verfahren.

Fig. 54.



Bei Versuchslinien, wo es auf grosse Genauigkeit meistens noch nicht ankommt, und wo man nur die Richtung der einen Tangente kennt, aber gleich den Bogen abstecken will, setzt man eine nach der Karte ungefähr berechnete Tangentenlänge A F $= t$ ab, und normal darauf F G $= k = \frac{t^2}{2r}$, halbirt A F

Fig. 55.



in D und setzt normal darauf $DE = \frac{\left(\frac{t}{2}\right)^2}{2r} = \frac{t^2}{8r} = \frac{1}{4}k$ ab, steckt in der Richtung D G die Tangente $GL = t$ aus u. s. w. und fährt so lange fort, bis man mit der Tangente Y in die gewünschte, auf irgend einen zu erreichenden Punkt Z angezeigte Richtung kommt. Trifft man diese Richtung nicht und will z. B. nach Z_1, so nimmt man die entsprechende Länge a, setzt sie von T bis T_1 ab, setzt von Q bis Q_1 die Länge $a\,(1 - \sin \alpha)$, oder meistens genau genug: $a\left(1 - \frac{2k}{t}\right)$ ab, macht $S_1 T_1 = S T$, und steckt $S_1 Q_1$ ab, welches man in R_1 halbirt, um zu erfahren, ob die Richtung $R_1 T_1$ besser stimmt [1]). Hat man die Längen $AF = t$ und $FG = k$ vorerst gewählt, ohne den Radius genau zu kennen, so findet man ihn aus $r = \frac{t^2}{2k}$. Wäre der Halbmesser genau bekannt, so könnte man die Absteckung mit einem Theodoliten (6 — 8 Zoll Horizontalkreis) genau machen, indem man D E und F G unter den richtigen Winkeln absetzte, und statt der Tangente die Sehne halbirte etc.

Ein ebenfalls annäherndes, noch etwas einfacheres Verfahren besteht darin,

Fig. 56.

dass man auf die gleichen Tangentenlängen A B, C D, E F etc. die Normalen $BC = \frac{1}{2}DE$, D E, F G etc. und zuletzt wieder $KL = BC$ absetzt, und wenn man die gewünschte Richtung verfehlt hat, wieder ähnlich wie im vorigen Falle verfährt [2]).

---

[1]) Bei M setzt man $a\left(1 - \frac{4k}{t}\right)$, bei $G : a\left(1 - \frac{6k}{t}\right)$ ab, um die Punkte der neuen Curve annähernd zu erhalten.

[2]) Tabellen für diese Methode in Plessner: Anleitung zum Veranschlagen der Eisenbahnen. 2. Aufl. pag. 19. Berlin 1866. Ernst & Korn.

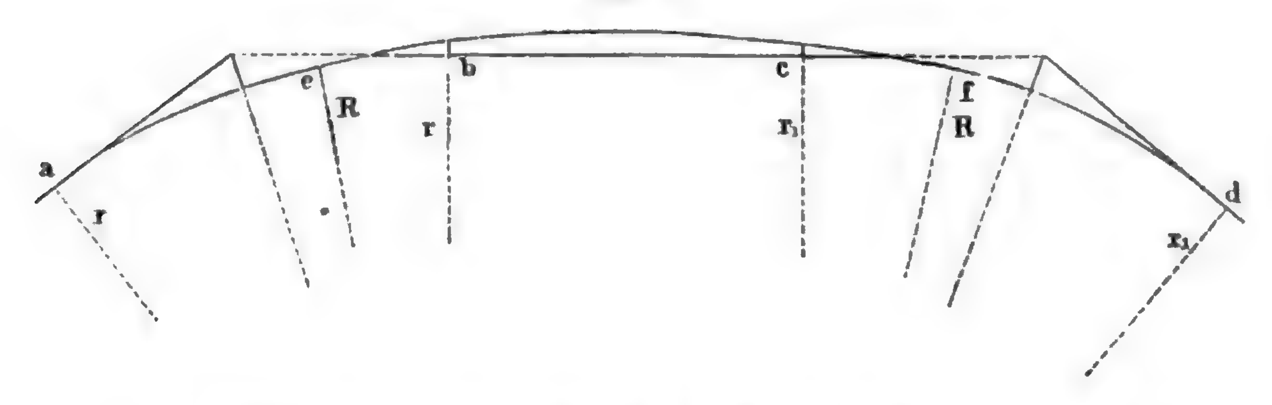
Zahlreiche andere Methoden finden sich in fast jedem Werke über Wegbau und Eisenbahnbau, auch über den Fall, wo man Curven aus verschiedenen Kreisbögen zusammensetzt. Je nach der Localität und den zur Hand befindlichen Instrumenten, wie nach der gewünschten Genauigkeit, wendet man verschiedene Methoden an.

Ausführliches beim Eisenbahnbau.

Zwei nahe auf einander folgende Contre- oder S-Curven werden bei Wegebauten nicht wie bei Eisenbahnlinien (wo wegen der Ueberhöhung der Schiene des äusseren Gleises, wenn solches nach einem Kreisbogen gekrümmt ist, eine Gerade zwischen den Curven sein muss) durch eine Gerade verbunden, sondern man hält es für besser aussehend, wenn die Curven in einander übergehen.

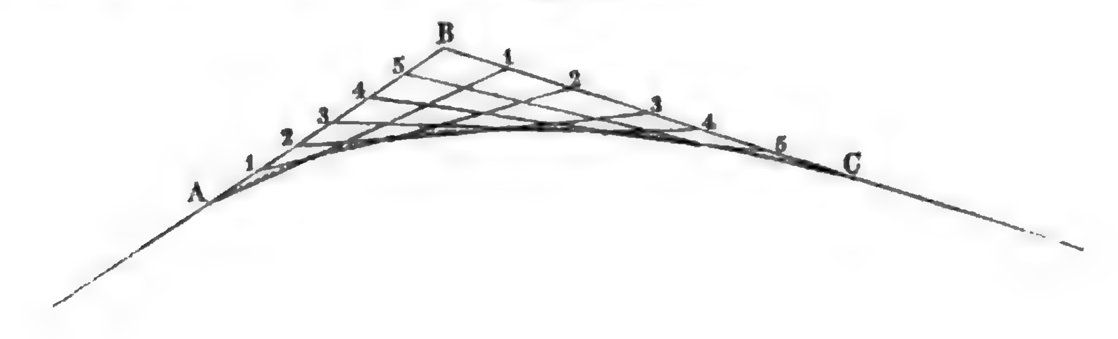
Dasselbe gilt für gleich gerichtete Curven (Fig. 57), wo man nicht die Linie a b c d, sondern a e f d durch Zwischenlegung der Curve e f machen würde.

Fig. 57.



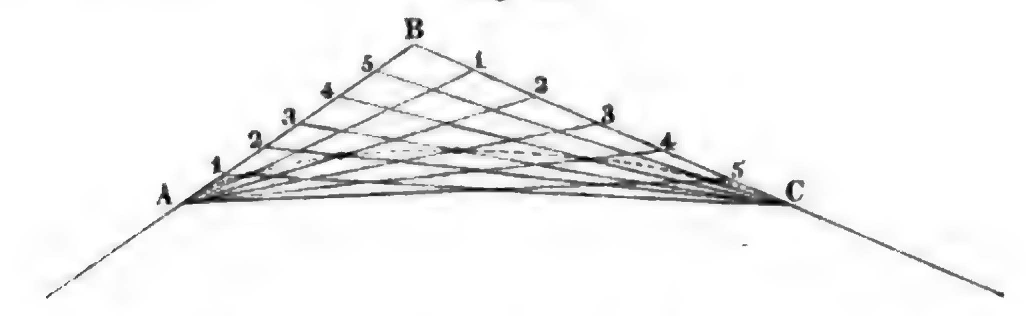
Der Uebergang von einer Geraden in einen Kreisbogen gewährt ein nicht so gutes Aussehen, wie ein mehr allmähliges Ueberführen, welches man durch parabolische Bögen erreichen kann, die daher beim Wegebau sehr beliebt sind, und, abgesehen davon, dass man die Parabel ähnlich wie beim Kreisbogen vorhin gezeigt, abstecken könnte, nach verschiedenen Methoden abgesteckt werden, von denen wir in Fig. 58—60 drei verschiedene anführen. Je nach Bedarf lassen sich andere Verfahrungsarten leicht hinzufinden.

Fig. 58.



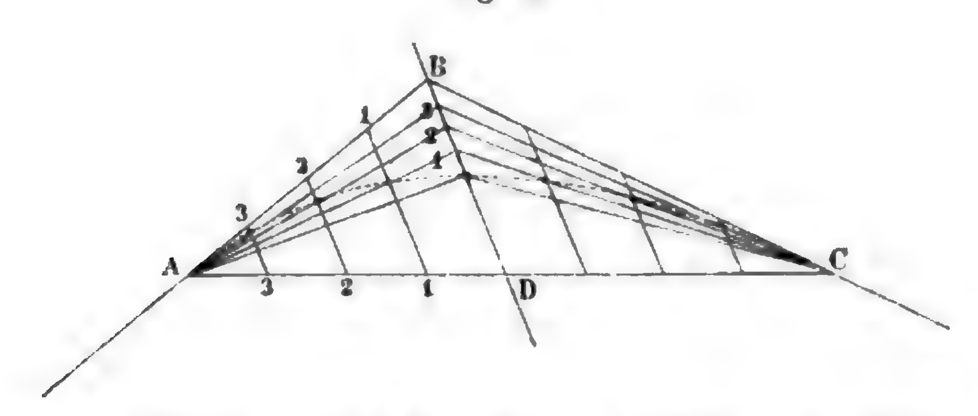
Sind A B und B C die beliebig gewählten Tangenten, so theile A B und B C in gleiche Anzahl Theile, ziehe A 1, 12, 23, 34 etc., so sind die auf einander folgenden Schnittpunkte Punkte der Parabel.

Fig. 59.



Von A nach 1 und von C nach 1 liegt der Schnittpunkt in der Curve. Ebenso A_2 und C_2, A_3 und C_3 etc.

Fig. 60.



A C in 2 gleiche Theile getheilt und B D gezogen, damit parallel 11, 22, 33 etc. als gleiche Theile von A D. Die Hälfte von B D in eben so viel gleiche Theile getheilt, geben Schnittpunkte A 1 und 11, A 2 und 22, A 3 und 33 etc. Punkte der Curve. Beweis von Fig. 58 im Lehrbuche der Geometrie von Aschenborn. Berlin, 1862. pag. 439.

Die Mittellinie der Strasse ist den Terrainhöhen thunlichst anzuschliessen, und wo es dem Terrain entspricht, fortwährend in angemessenen Krümmungen zu halten. Man lege, wenn es angeht, die Winkelpunkte in solche Wendungen, wo sie dem Auge mehr entzogen werden.

Capitel VI.

Vom Längenprofile und dem Querprofile der Strassen [1].

1) Vom Längenprofile.

Hierüber ist schon Einiges bei dem Capitel über Leistungen der Zugthiere vorgekommen. Die zweckmässigste Bestimmung des Profils ist selbstredend eben so wichtig, wie ein gutes Alignement der Strasse, und es mögen hier noch einige Erfordernisse genannt werden, während Ausführliches beim Eisenbahnbau vorkommen wird.

Die Wahl der Gradiente ist von dem Zweck der Strasse mit abhängig. Wenig frequente Strassen, und solche, bei denen eine gute Fahrbahn nicht zu erreichen, können mehr Gefälle haben, und zwar für Frachtfuhrwerk weniger (Umpfenbach $^1/_{24}$), als für leichtes Fuhrwerk (Umpfenbach $^1/_{18}$). Auch ist ein starkes Gefälle wegen des rasch abfliessenden Wassers der Unterhaltung nachtheilig. Umpfenbach hat beobachtet, dass bei $0 - {}^1/_{72}$ die Strasse kothig war, bei $^1/_{48} - {}^1/_{36}$ war kein Koth mehr vorhanden, bei Gefällen bis $^1/_{18}$ zeigten sich schon, wegen Abwaschung des Kieses, die Steine der Grundlage bis 2 Zoll hervorstehend, bei $^1/_{18}$ bis $^1/_9$ war die Strasse uneben, und die Steine der Grundlage standen bis zu 6 Zoll Höhe heraus.

Er hält das aus diesen Gründen anzunehmende mindeste Gefälle zwischen horizontal und $^1/_{24}$; gewöhnlich nimmt man nach ihm indessen $^1/_{144} - {}^1/_{192}$ an, weil hierbei die Strassen schon merklich abtrocknen, und diese Neigung in den meisten Terrains ohne besondere Erdarbeiten zu erlangen; doch in flachen Thälern, welche oft geringes Gefälle haben, werden letztere schon zu gross. Man folgt daher dann dem Terrain und vergrössert die Querneigung der Strasse, wovon später die Rede sein wird.

Starke Gefälle werden, da die Zugkraft der Pferde abnimmt, nach oben hin schwächer. Trésaguet nimmt z. B. bei einem 3600 Fuss langen (developpirt) Abhange von 150 Fuss Höhe, 5 Rampen, nämlich 600 Fuss $^1/_{18}$; 600 Fuss $= {}^1/_{21} - {}^1/_{22}$; 660 Fuss $= {}^1/_{22} - {}^1/_{23}$; 840 Fuss $^1/_{27}$; 900 Fuss $= {}^1/_{36}$, und bringt bei jeder Abtheilung circa 120 Fuss lange Ruheplätze mit geringem Gefälle an, wobei letztere möglichst in die Wendungen der ein- und auswärts gehenden Winkel der Berge zu liegen kommen. In den Hauptwendungen der Bergsteigen vermindert man desshalb das allgemeine Gefälle erheblich, weil auf diesen Wiederkehren durch die schräge Richtung des Zuges, besonders der vorderen Pferde, viel Kraft verloren geht, und weil bei der Thalfahrt die Deichselpferde gleich-

[1]) Vergl. Bestimmung der zweckmässigsten Steigungsverhältnisse von Chausseen, von Launhardt. 1868. Schmorl & v. Seefeld; derselbe Aufsatz in Zeitschrift des hann. Arch.- und Ing.-Vereins. XIII. 1867.

zeitig biegen, gehen und zurückhalten müssen. Wie schon bemerkt, ist nach Bokelberg das grösste zulässige Gefälle, wovon nur ausnahmsweise abzugehen

$^1/_{40}$ im Flachlande,
$^1/_{30}$ im Hügellande,
$^1/_{24}$ im Gebirgslande.

Auf längeren, ansteigenden Strecken ist mit der stärksten Steigung zu beginnen und diese allmählig auf je 100—150° Länge in der Weise zu vermindern, dass auf jeder ferneren Strecke, für jeden ferneren Fuss Steigungshöhe, wenigstens ein Fuss Länge mehr genommen wird, als in der vorhergehenden tieferen Strecke. Also auf den ersten 100 bis 150 Ruthen $^1/_{24}$, mithin auf 1 Fuss Höhe 24 Fuss Länge, auf den folgenden 100 — 150° auf 1 Fuss Höhe 25 Fuss Länge, dann 26 Fuss u. s. f.

Nach der preuss. Anweisung von 1834 wird in gebirgigen Gegenden $^1/_{18}$, in hügeligen $^1/_{24}$ als Maximum bestimmt. Ist die Steige höher als 100 Fuss, so muss auf jede folgenden 100 Fuss Höhe das Gefälle um $^1/_{288}$ vermindert werden, bis es nur noch $^1/_{24}$ in gebirgigen und $^1/_{36}$ in hügeligen Gegenden beträgt. Wenn $^1/_{18}$ oder $^1/_{24}$ für lange Strecken anhält, so werden 5° lange Ruheplätze, mit höchstens $^1/_{144}$ Fall, angelegt.

Uebrigens kann man leicht die Gleichung einer Curve, welche eine Steige mit gleichmässig abnehmendem Gefälle bildet, ableiten [1]). Sei A der Coordinaten-Ursprung, so muss, wenn $\frac{dy}{dx}$ das Gefälle der Steige an jeder Stelle der Curve darstellt, die Bedingungs-Gleichung, weil dasselbe gleichmässig abnehmen soll, sein:

Fig. 61.



$$\frac{d^2 y}{d x^2} = \text{Const.}$$

Zweimal integrirt, giebt:

$$\frac{dy}{dx} = cx + c_1$$

$$y = \frac{c x^2}{2} + c_1 x + c_2$$

also eine parabolische Linie, deren Constanten noch näher zu bestimmen.

Zuerst ist für $x = o$, auch $y = o$, also hat man: $c_2 = o$ und

---

[1]) Umpfenbach, pag. 290.

$$\left.\begin{aligned}\frac{dy}{dx} &= cx + c_1 \\ y &= \frac{cx^2}{2} + c_1 x\end{aligned}\right\} 1.$$

Um c und c_1 zu bestimmen, werde

1) angenommen, dass bei A die Tangente $= \alpha$ sei, und dass die Curve durch den oberen Punkt der Steige gehe, wofür $x = m$ und $y = n$ ist; dann ist aus 1)

$$\text{für } x = o,\ \frac{dy}{dx} = \alpha = c_1;$$

$$n = \frac{cm^2}{2} + c_1 m;$$

woraus
$$c = \frac{2(n - \alpha m)}{m^2};$$

und die Gleichung 1 wird

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2(n - \alpha m)}{m^2} x + \alpha;$$

$$y = \frac{n - \alpha m}{m^2} . \ x^2 + \alpha x.$$

2) Soll die Steige oben in die Horizontale übergehen, so hat man die Bedingung:

für $x = o$
$$\frac{dy}{dx} = \alpha = c_1;$$

für $x = m$
$$\frac{dy}{dx} = o = cm + c_1;$$

für $x = m$
$$y = n = \tfrac{1}{2} cm^2 + c_1 m;$$

hieraus
$$n = - \tfrac{1}{2} cm^2;$$

also
$$c = - \frac{2n}{m^2};$$

in 1 substituirt also
$$\alpha = \frac{2n}{m} = c_1$$

$$\frac{dy}{dx} = - \frac{2n}{m^2} x + \frac{2n}{m} \text{ und } y = - \frac{n}{m^2} x^2 + \frac{2n}{m} x$$

oder auch $\frac{dy}{dx} = - \frac{\alpha^2}{2n} x + \alpha$ und $y = - \frac{\alpha^2}{4n} x^2 + \alpha x.$

3) Ist endlich die Tangente des Neigungswinkels bei $A = \alpha$ und soll sie am oberen Punkte der Steige, wofür $y = n$, z. B. $= \beta$ sein, so hat man

$$\alpha = c_1$$
$$\beta = cx + c_1$$
$$n = \tfrac{1}{2} cx^2 + c_1 x$$

und daraus
$$c = \frac{\beta^2 - \alpha^2}{2n}; \quad c_1 = \alpha; \quad x = \frac{2n}{\alpha + \beta};$$

dann wird aus 1)

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\beta^2 - \alpha^2}{2n} x + \alpha,$$

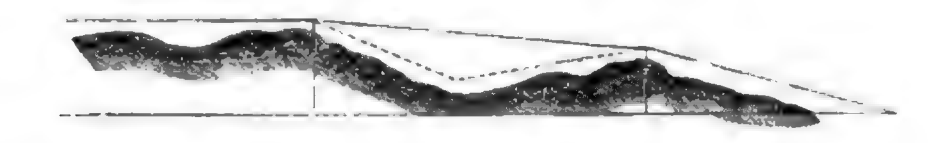
$$y = \frac{\beta^2 - \alpha^2}{4n} x^2 + \alpha x;$$

für $\beta = 0$ kommt man auf die sub 2 entwickelten Gleichungen. —

Man könnte nun Halteplätze dazwischen anbringen, indem man die einzelnen Curvenstücke horizontal verschiebt, doch würde dann, weil die Pferde inzwischen ausruhen, die Anlage der eben berechneten Curve im Profil nicht mehr motivirt sein, auch hat solche in der Praxis Schwierigkeiten und würde oft bedeutende Erdarbeiten erfordern, ferner würde die Beibehaltung des genauen Profils bei Unterhaltung der Strasse grosse Schwierigkeiten haben. Man lässt daher in der Praxis die Steigungen nach oben sich thunlichst vermindern und sucht sich dabei möglichst dem Terrain anzuschliessen.

Eine einmal erstiegene Höhe giebt man, wenn nicht unverhältnissmässige Erdarbeiten entstehen, nicht gern auf (verlorne Steigung, undulirendes Gefälle).

Fig. 62.



Uebrigens rundet man die Steigungen, wo sie im Profil zusammenstossen, nach einem thunlichst grossen Halbmesser ab, um keinen Knick im Profil zu haben.

Einige Autoren sind der Ansicht, dass ein wellenförmiges Profil vortheilhaft sei, weil wegen der abwechselnden Zugkraft die Zugthiere weniger ermüden als auf horizontalen Strassen, und weil eine bessere Abtrocknung der Strasse erreicht, auch eine zu starke Querneigung der Strasse vermieden werde. Sganzin verlangt im Minimum $^1/_{125}$ und die preussische Anweisung $^1/_{576}$, nur aufgedämmte Strassen auf beinahe horizontalen Flächen oder an Strecken, wo viel Luftzug, dürfen Ausnahme machen. Tostain verlangt $^1/_{166}$. Indessen ist, falls das Terrain diese Gefälle nicht ergiebt, eine absichtliche Anlage solcher abwechselnder Steigungen verwerflich und höchstens bei solchen Strassen motivirt, wo die Fusswege höher liegen als die Fahrbahn, und das Wasser am Rande des Fussweges nach der Länge fliessend an einzelnen Stellen unter letzterem durchgeleitet wird.

Den Gräben giebt man dabei ein Gefälle, welches sich nach den die Strasse durchschneidenden Wasserzügen, welche das Grabenwasser aufnehmen, richtet, was wenigstens $^1/_{700}$ sein soll, und sonst der Neigung der Strasse folgt. In wenig feuchtem Terrain genügen oft horizontale Gräben, worin das Wasser verdunstet, und die dann mehr den Zweck haben als Einfriedigung der Strasse zu dienen. Bei starkem Gefälle und grösserer Geschwindigkeit kann der Boden angegriffen werden, und für leichten sandigen Boden ist eine Geschwindigkeit

von 2 Fuss ($^1/_{2000}$ Gefälle), für Gräben in festem Thon 8 Fuss Geschwindigkeit ($\frac{1}{130}$) oft dazu schon hinreichend, wenn viel Wasser darin fliesst. Man befestigt daher bei grösseren Neigungen die Gräben oder trifft weiter unten angegebene Einrichtungen.

Den Gewässern ist ein genügender Abfluss zu verschaffen, wobei als vornehmster Grundsatz gilt, die bestehenden Wasserverhältnisse möglichst wenig zu ändern. Ueber die Bestimmung der Weiten der Brücken und Durchlässe Näheres im Anhange.

In der Regel legt man die Strasse gern der besseren Trockenheit halber etwas über das Terrain, was man oft durch Vergrösserung des Grabenprofils um Erde zu gewinnen ohne grosse Kosten erreichen kann. Wenigstens soll die Sohle des Erdkastens oder die Unterbettung der Steinbahn einige Zoll über dem Grundwasser liegen, oder besser, über dem *mittleren* Wasserstand *des Grabens*[1]. In Inundationsflächen darf die Kronenkante vom Hochwasser nicht erreicht werden, und man muss für genügenden Abfluss des Wassers durch Brücken und Mulden sorgen. Ist diese Lage nicht ohne nachtheilige Aufstauung und Gefährdung des Strassendamms zu erreichen, so bleibt Nichts übrig als die Strasse in die Höhe des Terrains zu legen.

Eine fernere Rücksicht bei Projectirung der Gradienten ist, dass sich die Auf- und Abträge möglichst ausgleichen, so dass man letztere zu ersteren verwenden kann, wobei zu beachten ist, dass die Erde aus dem Abtrage wegen der Auflockerung, da sie auch durch Stampfen nie so fest wie der (gewachsene) Abtragsboden wird, mehr Auftrag giebt. Durchschnittlich 5 Proc. mehr, doch ist dies Mehr nach Beschaffenheit des Bodens zum Auftrage und nach Höhe der Dämme verschieden; auch können Sackungen wegen des Untergrundes vorkommen. Hierbei ist zu untersuchen, ob es sich, wenn die Transportentfernungen sehr weit werden, nicht billiger stellt, die Abträge zur Seite zu lagern und die Aufträge durch Seitenentnahme oder Ausgrabungen zu formiren[2]. In diesem Falle sind die Kosten der Grunderwerbung der Ab-

---

[1]) Die Sohle des Erdkastens oder die Unterbettung der Steinbahn nur einige Zoll über dem Grundwasser, hat sich bei den Strassen in Heid- und Sandebenen nicht bewährt. Die Nässe saugt sich da bis zu 1 Fuss hinauf in den Erdkörper des Dammes und verursacht sehr leicht ein Erweichen des Bodens oder vielmehr der Unterbettung der Steinbahn. Ueberall, wenn man bei solchen Verhältnissen, wo das Grundwasser in Betracht kommen musste, die Unterbettungssohle nicht hoch genug halten (legen) konnte des Längenprofils halber, zeigt sich (z. B. in Ostfriesland) stets das Steinpflaster nachgiebig, und oft findet sich in dieser Gegend das Grundwasser auffallend hoch. (Bemerkungen der Wegbau-Inspection Meppen.)

[2]) Beispielsweise kommt folgende Disposition bei einer Section einer Eisenbahn vor:

lagerungs- und Ausgrabungsflächen zu berücksichtigen, welche letztere man öfter durch Cultur und Bepflanzen verwerthen kann. Näheres hierüber beim Eisenbahnbau.

2) Vom Querprofile.

Die Strassen dienen dem Fortkommen von Menschen, Reitpferden, Zugpferden und sonstigen Thieren. Für den Menschen ist ebene nicht zu harte Bahn, für Reitpferde und andere Thiere ebenfalls, da sie in feuchtem, weichen Boden einsinken, für Zugthiere harte glatte befestigte Bahn erforderlich, um den Widerstand der Fuhrwerke zu vermindern. Meistens nur in trockener Jahreszeit lässt sich auch nicht zu schweres Fuhrwerk auf Erdwegen noch transportiren. Daher für Fussgänger ein Fussweg, für Reitpferde und leichtes Fuhrwerk Sommerweg, für schweres Fuhrwerk die Steinbahn anzulegen ist.

Einige Praktiker sind gegen den Sommerweg, da er nicht zu allen Zeiten fahrbar, und wollen statt Sommerweg und schmaler Steinbahn eine breitere Steinbahn, weil, obgleich die Anlage letzterer kostbarer, die Unterhaltungskosten einer breiten, auf ihrer ganzen Oberfläche befahrenen, Steinbahn in gewissen Grenzen, die sich nach Lebhaftigkeit des Verkehrs richten, geringer sind, als die einer schmaleren, deren Oberfläche nur in einer geringeren Breite befahren wird, und des Sommerwegs. Auch kann die Kronenbreite geringer sein, und es wird an Erdarbeiten und Grundentschädigung gespart.

Dagegen lässt sich einwenden, dass der Sommerweg oft vom ärmeren Landmann mit unbeschlagenen Wagen und Pferden befahren wird; auch für beschlagene Pferde ist bei trocknem Wetter die Steinbahn nachtheilig, wenn sie sich schnell darauf bewegen müssen, und für den Reisenden auf Wagen ohne Federn sind die Erschütterungen der Steinbahn unbequem. $^2/_3$ der Fuhrwerke benutzen häufig bei trockner Jahreszeit den Sommerweg, und die Steinbahn wird geschont. Ferner gewährt er schweren Fuhrwerken Raum zum Ausbiegen; endlich halten auf breitem Pflaster die Fuhrwerke ebenfalls gern die Mitte. Indessen ist es häufig bei frequenten Wegen und unter später anzuführenden Umständen motivirt, den Sommerweg durch eine zweite Steinbahn zu ersetzen. Dann ist die eine Steinbahn ein Pflaster, die andere als Steinschlagbahn hergestellt. Auch kommt es auf die Kosten an, und ob Material zu Steinschlagbahnen leicht zu beschaffen ist.

42090 Sch.-Ruth. Einschnitt; 22790 Sch. R. Damm; 1330 Sch. R. Grabenerde,
hiervon 26630 Sch.-Ruth. Ablagerung;
bleiben 15460 Sch.-Ruth. disponibel 15460 Sch.-Ruth.
Total disponibel 16790 Sch.-Ruth.

Also 22790 Sch.-Ruth. Damm,
— 16790 Sch.-Ruth., welche disponibel
bleiben 6000 Sch.-Ruth., welche seitlich zu entnehmen sind, und im Ganzen müssen bewegt werden 42090 + 1330 + 6000 = 49420 Sch.-Ruthen.

Das Profil der Strassen besteht nun, je nach Bedürfniss des Verkehrs, wenn ganz vollständig, aus 1 Fussweg, 1 Pfad für Reiter, Sommerweg oder Steinschlagbahn zum Ausweichen zweier Wagen, auch zur Benutzung für leichtes Fuhrwerk, Steinbahn für zwei breitgeladene Wagen, und Materialienbankett. Häufig fehlt einer dieser Theile, am meisten der Pfad für Reiter, wozu der Sommerweg dient.

Im Allgemeinen hängt die Breite der Fahrbahn von der Spurweite und von der Anzahl sich begegnender Fuhrwerke ab. Lastwagen haben breitere Spur als leichtes Fuhrwerk, weil sie, hoch beladen, leichter umwerfen. Umpfenbach nennt Spurweite die lichte Entfernung zwischen den Rädern und giebt nach der Erfahrung als am zweckmässigsten an:

für schweres Frachtfuhrwerk...... $5^1/_2$ — 6 Fuss rheinl.
für zweirädrige Personenfuhren.... $4^1/_2$ — 5 „ „
für vierrädrige desgleichen........ 4 Fuss 3 Zoll bis 4 Fuss 6 Zoll rheinl.

Indessen hat bei guten festen Wegen, wo keine Gleise eingefahren sind, das Vorschreiben einer Spurweite wenig Werth, weil das Spurhalten nicht wie bei schlechten Wegen mit eingefahrenen Gleisen das Fortkommen erleichtert; dagegen schadet auf guten Wegen eine gleiche Spurweite eher. Wegen der überstehenden Ladungen grosser Lastfuhrwerke muss man die Steinbahn, wenn zwei sich darauf, ohne auf den Sommerweg abzubiegen, bewegen sollen, wenigstens für jedes 2 Mal Spurweite breit, im Ganzen also 4 Mal Spurweite machen, wozu noch 1 bis 2 Fuss Spielraum. Dies genügt schon für sehr frequente Strassen. Nach Arndt ist $2^1/_2$ mal Breite der Fuhrwerke zu empfehlen[1]).

Die grösste Kronenbreite sehr frequenter Strassen ist von 50 bis 60 Fuss nämlich im Mittel nach Umpfenbach:

Pfad für drei Fussgänger, bequem ausweichend	6 Fuss,
Pfad für zwei Reiter	6 „
Sommerweg zum Ausweichen von zwei Wagen	16 „
Steinbahn für zwei breitgeladene Wagen, die sich ausweichen, ohne dem Rande nahe zu kommen..................................	20 „
Bankett zum Aufsetzen der Materialien	4 „
	52 Fuss.

Die geringste Breite, die man einer Strasse geben kann, welche nicht von schwerem Fuhrwerk befahren wird, ist nach Umpfenbach 18 Fuss, nämlich

[1]) Ein grosser Frachtwagen ist 24 — 26 Fuss lang und kann mit leichten Gegenständen 16 Fuss breit und hoch beladen werden.

Grösste Breite und Höhe verschiedener beladener Fuhrwerke, welche in der Wegbau-Inspection Bassum passirt sind: Frachtwagen 14 Fuss hann. hoch und 11 Fuss breit; Erntewagen 10 — 12 Fuss hoch, 9 — 11 Fuss breit; Postwagen, Kutschen, Diligencen, Möbelwagen: 8, 9 und 11 Fuss hoch und $6^1/_2$ bis 11 Fuss breit.

Pfad für zwei Fussgänger	3 Fuss,
Steinbahn für zwei beladene Wagen.....	12 „
Raum zum Aufsetzen der Materialien....	3 „
	18 Fuss.

Gewöhnlich liegt die Breite der Strassen zwischen diesen Maassen, und z. B. nach Umpfenbach wie folgt:

Wenig frequente Strassen ohne Sommerweg.

Fusspfad..........	4 Fuss,
Fahrbahn.........	12 „
Materialien........	4 „
	20 Fuss.

Desgl. mit Sommerweg.

Fusspfad und Raum für Materialien ..	6 Fuss,
Fahrbahn..........................	12 „
Sommerweg........................	12 „
	30 Fuss.

Bei grösserer Frequenz ohne Sommerweg.

Fussweg...........................	6 Fuss,
Fahrbahn...........................	16 „
Materialien und Reitweg............	6 „
	28 Fuss.

Mit Sommerweg.

Fussweg und Raum für Materialien...	8 Fuss,
Fahrbahn..........................	16 „
Sommerweg........................	16 „
	40 Fuss.

Stark befahrene Handelsstrassen ohne Sommerweg.

Fussweg...........................	8 Fuss,
Fahrbahn..........................	20 „
Reitweg und für das Material........	8 „
	36 Fuss.

Mit Sommerweg.

Fussweg und Raum für Materialien...	10 Fuss,
Fahrbahn..........................	20 „
Sommerweg........................	16 „
	46 Fuss.

Nach der preussischen Anweisung von 1834 darf die Breite der Strasse (des Planums) nicht über 40 und nicht unter 24 Fuss sein. Als Beispiele sind folgende Vertheilungen gezeigt.

Bezeichnung der Strasse.	Breite des Planums	Breite des Material-Banketts.	Breite der Stein- oder Kiesbahn (zwischen den Bordsteinen).	Breite des Sommerweges.	Breite des Fussgänger-Banketts.
Strassen mit Sommerweg	40	6	16	12	6
	36	5	16	12	3
	32	5	14	10	3
	30	4	14	10	2
Ohne Sommerweg	36	6	24	0	6
	32	6	20	0	6
	30	6	20	0	4
	24	5	16	0	3

Nach derselben Anweisung soll in langen Hohlwegen und auf Stellen, wo der Abhang grösser als $^1/_{36}$ ist, der Sommerweg fortfallen, dagegen die Steinbahn um $^1/_4$ breiter werden. Bei kostbarem Boden, hohen, langen Dämmen und tiefen Einschnitten wird die Breite möglichst eingeschränkt, doch dürfen die Veränderungen der Breite nicht auf kürzeren Strecken als 1800 Fuss stattfinden, und wo möglich in einer Biegung, um solche dem Auge zu entziehen. Wenn man nicht einen grösseren Krümmungshalbmesser anwenden kann, so wird die Breite der Strasse um $^1/_4$ vergrössert, wenn die Wendung einen Winkel zwischen 120° und 90° bildet, und um $^1/_2$, wenn Winkel unter 60°. In der Nähe einer solchen Wendung wird dann auch, falls das Gefälle es erfordert, der Wart- oder Ruheplatz angebracht. Nach Wedeke (pag. 106) normirten — (vor 1834 wahrscheinlich) — in Preussen folgende Breiten der einzelnen Theile einer Kunststrasse.

Einzelne Theile einer Kunststrasse.

Classe.	Banketts.	Steinbahn.	Sommerweg.	Ganze Breite.
I.	6	16	18	40
II.	4	14	12	30
III.	4	14	10	28
IV.	6	20	6	32
V.	4	16	4	24

IV. und V. mit schmalen Sommerwegen, wo Einschränkungen aus den vorhin angegebenen Gründen erforderlich sind. Wenn also z. B. I. einzuschränken, so nimmt man die Kronenbreite von 32 Fuss oder IV. Ebenso z. B. V. statt II. u. III.

Der breiteste Lastwagen nimmt nach Pechmann nie über 10 Fuss mit Ueberhang ein, so dass eine Breite von 20 Fuss, für die Fahrbahn einer Haupt-

strasse genügt. In der Nähe grosser Städte kann nach ihm eine Breite von 24 bis 26 Fuss erforderlich sein. Englische Wege: im Minimum für Fussgänger 6 Fuss, Pferde $7^1/_3$ Fuss, Wagen 18 Fuss. Grosse Strassen 24 — $27^1/_2$ Fuss und 15 Fuss breite Steinbahnen. Nach einer Parlamentsacte sollen die Barrière-Strassen in der Nähe grosser Städte 55 Fuss breit sein. — Nach Mac Adam muss in der Nähe grosser Städte eine Breite von 30 — 40 Fuss vorhanden sein, sonst weniger, doch nicht unter 18 Fuss. — Telford hält 30 Fuss für genügend, ausgenommen in der Nähe grösserer Städte; Kirchspielstrassen nach ihm nur 20 Fuss. Dänemark (1793) Haupt-Landstrassen 40 Fuss (1841 aber auf 32 — 24 Fuss eingeschränkt), kleinere Landstrassen wenigstens 24 — 28 Fuss, keine Strasse mit Gräben darf geringere Breite als 20 — 24 Fuss haben. Bei Gemeinden-, Kirch-, Mühlen- und anderen Nebenwegen Breite 16 Fuss im Minimum. In Wesermann, pag. 219 etc. sind die Breiten von Strassen verschiedener Länder nachzusehen. Die Römerstrassen hatten nach ihm 20 Fuss Steinweg, 20 Fuss Sommerweg (?), 20 Fuss Fussweg, zusammen 60 Fuss.

Für die französischen Strassen giebt Sganzin (übersetzt v. Lehritter und Strauss, pag. 207) folgende Breiten an:

Classe.	Gräben.	Fussweg.	Fahrbahn.	Ganze Breite ohne Gräben.
I.	2^m	$6,^m66$	$6,^m66$	20^m
II.	2^m	$3,^m00$	$6,^m00$	12^m
III.	$1^2/_3{}^m$	$2,^m00$	$6,^m00$	10^m
IV.	1^m	$1,^m50$	$5,^m00$	8^m

Die Strassen der I. Classe sind die, welche, von der Hauptstrasse ausgehend, das Land durchschneiden und ohne Unterbrechung mit den vorzüglichsten Städten fremder Länder communiciren.

Die der zweiten Classe gehen vom Mittelpunkte des Landes aus und stossen auf einen Hauptort des Departements.

Die dritte Classe bildet die Communication von Hauptort zu Hauptort, von einer grossen Gemeinde zu einer anderen, und von dieser letzteren zu einer Strasse erster Classe.

Die vierte Classe begreift die Wege von Dorf zu Dorf, auch Vicinalwege genannt.

Baden:

Hauptstrassen.................. 28 — 32 Fuss ($8^m,4$ — $9^m,6$)
minder wichtige Strassen....... 24 — 28 „ ($7^m,2$ — $8^m,4$)
Vicinalwege.................... 20 — 24 „ (6^m — $7^m,2$).

Die Breite der Bezirksstrassen, Vicinalwege, Dorfwege, welche also die

13

kleinen Städte, Flecken und Dörfer unter sich und mit den Hauptwegen verbinden, ist ebenfalls sehr verschieden; man sollte sie (nach Pechmann) im Allgemeinen wie die Hauptstrassen, nur in geringerer Breite erbauen. Man gab ihnen in Baiern 22 Fuss Breite, nämlich 16 Fuss Fahrbahn und 2 bis 3 Fuss die Fusswege; oft reicht man mit 12 bis 16 Fuss im Ganzen aus.

Es giebt in der Schweiz Poststrassen (in Gebirgslandschaften), welche, bei kaum 16 Fuss Breite und im starken Gefälle liegend, an der einen Seite durch eine fast senkrechte Bergwand, an der anderen Seite durch einen tiefen Abhang begrenzt werden; z. B. die Strasse über den Brünig am Sarner See.

In Holland findet man bei Staats-Chausseen (ryks grote weg) folgende Eintheilung:

für die in der Mitte liegende Steinbahn .... 14 Fuss,
für jeden der beiden berasten Seitenwege 12 Fuss, mithin ... 24 „
38 Fuss.

Die Seitenwege sind erhöht, jedoch nicht mit Sandsteinen, sondern mit Rasen eingefasst; längs der Mitte der Seitenwege stehen Bäume (Buchen, canadische Pappeln) etwas 8 Fuss aus einander.

Provinzialstrassen sind dort $22^1/_4$ Fuss breit, nämlich

6 Fuss Fussweg,
$3^m = 10^1/_4$ Fuss Steinbahn,
6 „ Fussweg,
$22^1/_4$ Fuss.

In Hannover heissen die königlichen Strassen: Chausseen, die Landstrassen werden von den Gemeinden, die zu einem Verbande (meistens Amtsbezirk) zusammengelegt sind, gebaut, mit Beihülfe aus Landesmitteln.

Im Allgemeinen hat sich die Steinbahnbreite nach der Grösse und Beschaffenheit des Verkehrs, nach der Beschaffenheit des Materials, nach der Leitlinie der Strasse (z. B. Breiterwerden wegen Krümmungen), und nach der Entbehrlichkeit oder Unentbehrlichkeit eines Sommerweges zu richten.

Der Sommerweg trägt nicht immer dazu bei, den Unterhaltungsbedarf im Ganzen zu vermindern, für den Verkehr ist derselbe jedoch unter allen Umständen von wesentlichem Nutzen, namentlich da, wo die Steinbahn gepflastert ist, wo Viehheerden und Ackerwirthschaftsfuhren häufig passiren, wo durch Ansteigung der Strasse das rasche Bergabfahren auf den besteinten Bahnen nicht ohne alle Gefahr ist, und wo der Ackerbau mit Hornvieh betrieben wird.

Auch für die Strasse und die Casse zeigt sich der Sommerweg da besonders vortheilhaft, wo die Strasse mit Obstbäumen zu bepflanzen ist, weil Obstbaumpflanzungen eine grössere Breite erfordern, um nicht den Verkehr durch die Ausbreitung der Zweige, welche meistens grösser ist als bei Waldbäumen, zu belästigen; ferner, wo die Steinbahnbreite auf ein Minimum beschränkt werden

muss, so wie allenthalben zu der Zeit, wo die Steinschlagbahn ganz überdeckt und das Pflaster umgelegt werden muss. Theuer in der Unterhaltung auf Strassen von starkem Längengefälle, lästig in den Ortschaften, unzweckmässig und meistens verwerflich aber auf solchen Thalstrassen, welche an steilen Bergabhängen hinlaufen, so wie bei der Anlage von Strassen auf sehr werthvollem oder beschränktem Baugrunde [1]).

In der bisherigen Anwendung haben sich nach Bokelberg folgende Strassenbreiten bewährt. Dabei ist nur ein Fussweg vorhanden, und die Materialien zur Unterhaltung lagern dann zwischen den Bäumen an der Sommerwegseite. Auf grossen Verkehrsstrassen und in der Nähe von Städten sind oft 2 Fusswege zweckmässig.

1) Für mit Obstbäumen bepflanzte Chausseen ersten Ranges:

a. Steinbahn	20 — 24 Fuss
b. Sommerweg	16 — 18 „
c. Fussbahn	8 — 10 „
Ganze Kronenbreite.	44 — 52 Fuss.

2) Für gleichartig bepflanzte Chausseen zweiten Ranges:

a. Steinbahn	16 — 18 Fuss
b Sommerweg	15 — 16 „
c. Fussweg	7 — 8 „
Ganze Kronenbreite.	38 — 42 Fuss.

[1]) Für Berggegenden dürfte es sich in den meisten Fällen empfehlen, den Sommerweg fehlen zu lassen. Sämmtliche Pferde in solchen Gegenden sind des vielen Gesteins wegen beschlagen, oft sogar das Zug-Hornvieh. Gute, ebene Steinschlagbahnen verursachen so geringe Erschütterungen, dass man völlig bequem auf ihnen fährt, selbst auf Wagen ohne Federn. Namentlich sollte man auf den meisten Landstrassen den Sommerweg fehlen lassen. Der Grösse des Verkehrs nach gehören die Landstrassen meistens den geringern Classen der Kunststrassen an, die zur Verfügung stehenden Mittel sind geringe, und man sollte sie daher auf den wichtigsten Theil der Strasse, auf die Steinbahn, concentriren. Eine 14 — 16 Fuss breite Steinbahn mit zwei 4 — 6 Fuss breiten Banketts würde in vielen Fällen genügen, wo dagegen eine 12 Fuss breite Steinbahn, ein 7 füssiges Bankett und ein 13 Fuss breiter Sommerweg vorgeschrieben ist. Die Sommerwege bleiben meistens unter Graswuchs liegen, und gewähren den Eindruck einer überflüssigen Breite zum Aerger der Gemeinden, denen die Wegepflicht der Landstrassen obliegt. Welche Ersparung aber an Grundentschädigung und Erdarbeiten, letzteres namentlich an Bergabhängen, erzielt wird, wenn man die Breite um 8 Fuss einschränkt, braucht nicht näher nachgewiesen zu werden.

Dagegen halten Andere die Sommerwege im Flach- und Hügellande, wo die Zugthiere regelmässig mit Hintergeschirr nicht versehen sind, für das Herabfahren der Steigungen unentbehrlich.

3) Für gleichartig bepflanzte Chausseen dritten Ranges:

a. Steinbahn	14 — 14 Fuss
b. Sommerweg	13 — 15 „
c. Fussweg	7 — 7 „
Ganze Kronenbreite.	34 — 36 Fuss.

4) Für eben so bepflanzte kleinere Landstrassen:

a. Steinbahn	12 — 14 Fuss
b. Sommerweg	11 — 13 „
c. Fussweg	7 — 7 „
Ganze Kronenbreite.	30 — 34 Fuss.

Wo statt der Obstbäume hochstrebende Waldbäume gepflanzt werden, kann der Sommerweg auf allen Strassen um 2 Fuss schmäler sein. 10 Fuss breite Steinbahnen erfüllen ihren Zweck fast nie, sie sind nicht ordnungsmässig zu unterhalten, weil die Bahn nicht in ihrer ganzen Breite von den Rädern der Fuhrwerke getroffen wird, 12 Fuss breite nur bei sehr geringem Verkehr und ausgezeichnetem Unterhaltungsmaterial. Mit dem Uebergange von 12 zu 14 Fuss werden in der Regel grosse Vortheile für den Verkehr und die Unterhaltung erlangt [1]).

---

[1]) Ueber den Einfluss der Breite der Steinbahn bemerkt Bokelberg in einem Vortrage vom 7. Mai im hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins 1862: 10 — 12 Fuss sind ungünstig, da die Pferde meistens auf der Mitte bleiben, so dass Gleise eingefahren werden, und das Pflaster in der Mitte sich sogar auffährt. Sperrsteinlegen ist bei so schmalen Bahnen nicht ausführbar, und diese Breite ist als Nothbehelf anzusehen, wo Steimaterial mangelt. 12 — 14 Fuss sind schon erheblich günstiger, weil das Fuhrwerk mehr hin und her spielen kann, und die Abnutzung gleichmässiger wird. Bei 14 Fuss Breite kann in der Unterhaltung auch mit Nutzen das Deckensystem angewendet werden. 16 Fuss ist noch günstiger und von vielen Chaussee-Aufsehern in Hannover als die beste und billigste Breite (in der Unterhaltung) angegeben. Bei grosser Frequenz selbst 18 — 20 Fuss, wenn Frachtverkehr besteht.

Wenn eine gewisse Breite wegen der Frequenz erforderlich, und man verringert sie, um am Anlagecapitale zu sparen, so darf man sagen, dass dann die Unterhaltungskosten im umgekehrten Verhältniss der Breite wachsen; nach Anderen wachsen sie bei Verschmälerung der Strasse noch mehr. Dagegen werden sie bei Verbreiterung über das normale Maass nicht erheblich zunehmen. Man muss indessen Anlagekosten und capitalisirte Unterhaltungskosten zusammengenommen vergleichen. Als Erfahrung fand man, dass z. B. bei gleicher Frequenz die 20füssigen Steinschlagbahnen 48 Cubikfuss Material gebrauchten, wenn 16füssige an 80 Cubikfuss erforderten. Diese Erscheinungen rühren davon her, dass die Zerstörung des Materials durch Stoss und Zerdrückung um so mehr wächst, je mehr die Gleise eingefahren sind. Eine 10' breite Nebenbahn von Steinschlag neben der Pflasterbahn kostete bei gleicher Frequenz mehr zu unterhalten, als 16 Fuss breite einfache Steinschlagbahn.

Nach den in Hannover gemachten Erfahrungen sollte die geringste Breite einer Steinschlag-, Steinpflaster- oder Grandbahn stets zu 14 Fuss angenommen werden; auf den Strassen aber, wo Frachtverkehr besteht, würde das Minimum 16 Fuss be-

Was nun das Querprofil der Strasse anbetrifft, so würde auf einer nach der Breite horizontalen Strasse das Wasser nicht in die Gräben fliessen, auf im Längenprofil horizontalen Strecken stehen bleiben und bei Steigen der Länge nach laufen und oft die Strasse beschädigen. Das Wasser muss also nach der Quere ein Gefälle finden. Nach der Mitte es zu leiten, würde eine gepflasterte Rinne erfordern, wodurch grosse Unbequemlichkeiten für das Fuhrwerk, bei heftigem Regen grosse Wassermengen, im Winter Glatteis entstehen würden. Nach einer Seite geleitet, würde es den tiefer gelegenen Theil der Breite stets feucht halten, und ungleichmässige Dauer und Abnutzung befördern. Bei Bergsteigen ist dies Mittel anwendbar, weil meistens eine bequeme Ableitung des Wassers dort möglich, ein stärkeres Längsgefälle vorhanden, und man der Sicherheit der Fuhrwerke wegen die Strasse häufig nach der Bergwand neigt, wodurch das Fuhrwerk vom Abhange weg gewiesen wird.

Endlich kann man der Strasse eine Neigung in der Quere von der Mitte nach beiden Seiten geben, und dies Mittel ist das am häufigsten angewendete. Bevor indessen die zweckmässigste Anordnung dieser Neigung, und ob solche durch eine gekrümmte convexe Form der Oberfläche, oder durch von der Mitte ab geneigte Ebenen zu bilden ist, besprochen wird, muss über den Zweck der Versteinung der Fahrbahn, und was man durch sie zu erreichen sucht, Einiges bemerkt werden.

1) Muss die Versteinung vorhanden sein, um, wie schon bemerkt, eine gehörig glatte und feste Bahn, welche den Pferdehufen und den Rädern gehörigen Widerstand entgegengesetzt und die Zugkraft möglichst vermindert, herzustellen.

2) Dient sie dazu, den Druck der Fuhrwerke auf den Untergrund und die grösstmögliche Fläche des Planums zu übertragen.

3) Um Letzteres zu können, muss sie möglichst zusammenhängend und fest und von genügender Dicke sein, auch um kein Wasser durchzulassen, welches den Untergrund erweicht, wodurch zu Formveränderungen der Oberfläche Veranlassung gegeben würde.

4) Muss sie in geeigneter Weise das Himmelwasser abführen, und es muss, wenn der Untergrund an sich nicht durchlässig, für das Abführen des Wassers, welches immer noch durch die dichteste Steindecke sinkt, aus dem Untergrunde, durch geeignete Mittel: nämlich eine Kies- oder Sandbettung unter

---

tragen müssen, damit die bis zu 11 Fuss Ladungsbreite haltenden, sich begegnenden Fuhrwerke beim Ausbiegen keine Gefahr laufen, in die sie nicht tragenden Sommerwege zu kommen, welchem bestehenden Uebelstande in manchen Theilen der Provinz ohne grossen Kostenaufwand nicht abgeholfen werden kann. Dagegen ist in der Nähe der Städte oder an sonst geeigneten Stellen eine Steinbahnbreite von 18 Fuss bis in 24 Fuss zwischen den erhöhten Fusswegen übergehend zu empfehlen.

Bei Anwendung von Doppelbahnen wird man jeder der beiden Steinbahnen eine Breite von mindestens 12 Fuss geben.

dem Steinkörper, zuweilen ausserdem noch durch Drains oder Sickercanäle etc. gesorgt werden.

Einige haben diese Festigkeit und zugleich den Abfluss des Himmelwassers von der Oberfläche dadurch zu erreichen gesucht, dass sie die Steinbahn gewölbartig krümmten, in der Ansicht, sie wirke gleichzeitig beim Tragen der Last als Gewölbe. Indessen ist diese Ansicht nicht völlig motivirt, denn bei einem Gewölbe muss man vollständig feste Widerlager voraussetzen, welche bei der flachen Wölbung die Bordsteine nicht bilden können; ausserdem müssen die einzelnen Steine eines Gewölbes unten frei sein, um gleichmässig gegen einander zu drücken, was bei einer Steinbahn, da sie auf dem Untergrunde aufliegt, nicht der Fall ist.

In dieser Beziehung nützt also die gewölbte Form nicht. Für den Verkehr hat sie noch folgende Nachtheile:

1) Die Wagen stehen nur in der Mitte der Strasse aufrecht und benutzen diese daher vorzugsweise, besonders hochbeladene Frachtwagen. Es bilden sich daher in der Mitte Gleise, und da dort das Seitengefälle am geringsten, so wird die Strasse am meisten dort befahren und abgenutzt. Man muss die Steinbahn daher in der Mitte stärker machen, was auch meistens geschieht.

2) Bei starker Krümmung und starkem Gefälle, welches nach den Seiten rasch wächst, drücken die Naben ungleichmässig auf die Achsen, und die Räder haben Tendenz, zur Seite zu rutschen. Hierdurch werden die Abnutzung der Strasse und die erforderliche Zugkraft vermehrt, und bei im Winter glatter Bahn entstehen Unbequemlichkeiten und zuweilen Gefahren.

3) Würde man die Fusswege nach dem Kreisbogen fortsetzen, so erhielten sie ein zu starkes Gefälle, und wenn sie in einer geringeren Neigung durch eine gerade Linie an die Steinbahn anschlössen, so bildete sich in dem Zusammenstoss ein Winkel, in welchem der von der Mitte der Bahn abgeschwemmte Schlamm liegen bleiben würde. Wollte man der Strasse gleich diese Form geben, welche der Schlamm bildet, so wäre dies schwierig herzustellen, und der Querschnitt des Fussweges würde eine krumme Linie bilden.

Nach dem Obigen verwerfen Einige die convexe Form der Strasse (Umpfenbach, Schemerl und englische Baumeister), und nehmen zwei nach beiden Seiten von der Mitte ab geneigte Ebenen, welche in der Mitte durch einen kurzen Kreisbogen verbunden sind. Hierbei wird ein gleichmässiges Gefälle für das Wasser erzielt, und wegen der geringen Neigung eine gleichmässigere Abnutzung, wesshalb man die Versteinung von nahezu gleicher, oder, wie es englische Baumeister vorschlagen [1]), von durchaus gleicher Dicke und auf die ganze Breite von gleich guten Materialien herstellen kann [2]).

---

[1]) Rudimentary art of constructing and repairing roads by H. Law. 1850.

[2]) Hierbei kommt auf die Breite der Strasse allerdings viel an. Zu bemerken ist z. B.: dass nach im Meppen'schen (Ostfriesland) angestellten Versuchen und

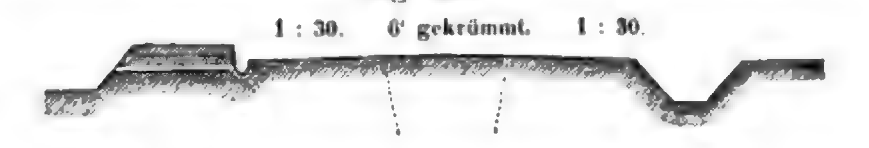
Bei dieser Form kann in den Steigen nicht, wie bei convexen Strassen, das Wasser in der Mitte der Strasse der Länge nach laufen, sondern wird in die Gräben gewiesen; auch bei horizontalen Strassen findet es keinen Punkt, wo es stehen bleiben kann, und man kann daher das wegen Abfluss des Wassers empfohlene Unduliren des Gefälles um so eher unterlassen. Ausserdem kann dies Profil wegen seiner einfachen Form bei der Unterhaltung leicht wieder aufgefunden werden.

Die neueren preussischen Chausseen sollen versuchsweise von der Mitte ab nach den Seiten, nach einer geraden Linie geneigt sein und zwar $^1/_{24}$ und bei weniger gutem Material $^1/_{16}$. Die Fusswege $^1/_{16}$ geneigt. In der Mitte wird die Fahrbahn rund abgewalzt [1]).

Ferner legt man die Sohle des Erdkastens meistens ebenfalls von der Mitte nach beiden Seiten geneigt an, wie Einige behaupten, um den Abfluss des Wassers, welches durch die Versteinung sickert, nach beiden Seiten zu erleichtern, und zwar, wenn die Steinbahn in der Mitte dicker ist, nach einer geringeren Neigung, als die Seiten der Steinbahn. Indessen wird meistens das Wasser in die weichere Oberfläche des Untergrundes einsinken, und schwerlich auf der Neigung derselben, welche ausserdem bei Herstellung der Strasse nicht genügend erhalten bleibt und rauh wird, abfliessen. Man wird daher diese Sohle nur desshalb parallel mit der Neigung der Versteinung ausführen, um eine gleichmässige Dicke letzterer zu erhalten, oder je nachdem man die Dicke der Versteinung von den Seiten nach der Mitte variiren lassen will, die Sohle entsprechend neigen.

Umpfenbach giebt die folgenden Normalprofile nicht gewölbter Strassen (Fig. 63 — 65) und Law das Profil für englische Strassen (Fig. 65ª). Gewölbte

Fig. 65ª.

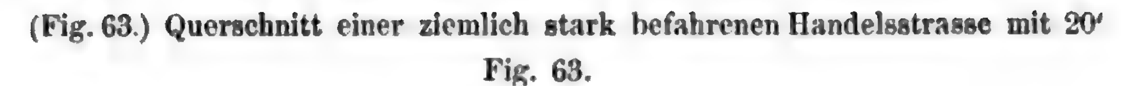


Strassen werden wir später aus der hannoverschen Instruction kennen lernen.

---

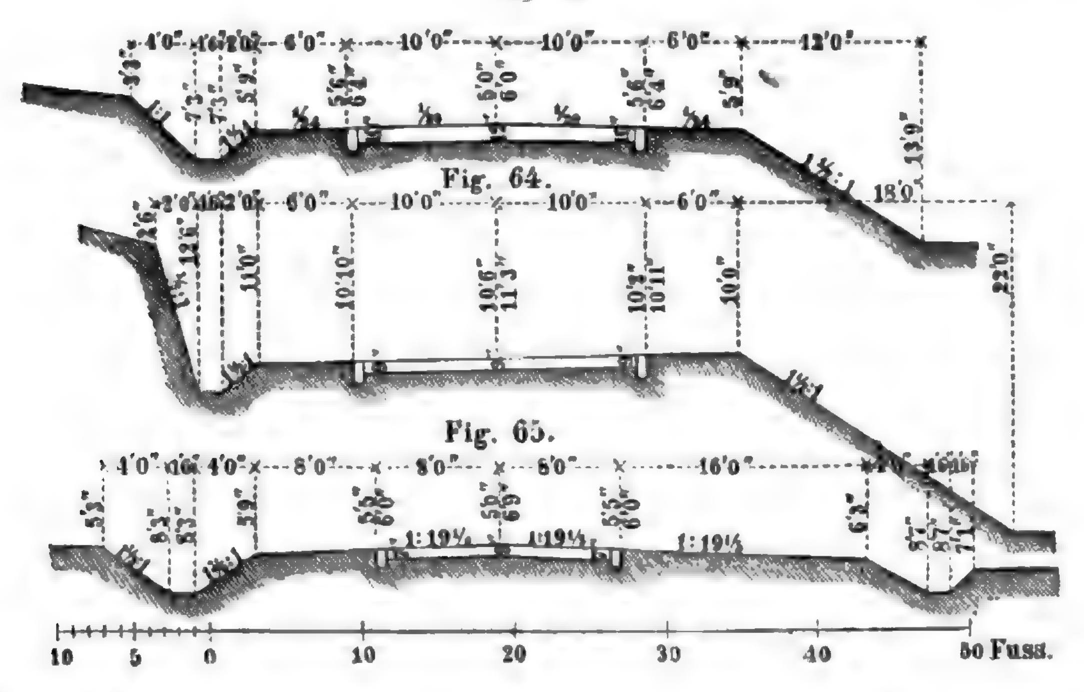
gemachten Erfahrungen an 12 Fuss breiten Steinschlagbahnen aus Kieseln die convexe Form nach der Kreislinie, wenn nicht zu starke Wölbung ($^1/_3$ Zoll, und bei Steinpflaster $^1/_4$ Zoll auf den Fuss der Breite) genommen worden, der anderen empfohlenen Form aus zwei von der Mitte ab nach beiden Seiten geneigten, in der Mitte durch einen kurzen Kreisbogen verbundenen geraden Linien vorzuziehen ist. Erstere Form hielt sich beim Gebrauch und in der Abnutzung im Querprofil merklich besser, und nahm nicht so leicht die unregelmässige Gestalt der Steinbahnoberfläche an, als die letztere.

[1]) Berliner Bauzeitung 1852. Verfügung vom 31. Dec. 1851.



(Fig. 63.) Querschnitt einer ziemlich stark befahrenen Handelsstrasse mit 20′

Fig. 63.



breiter Fahrbahn und zwei 6′ breiten Fusswegen ohne Reitpfad. Die Versteinung ist in der Mitte 6′ 0″ — 5′ 0″ = 12″ an den Rändern 6′ 4″ — 5′ 6″ = 10″ stark, mit Randsteinen oder Bordsteinen eingefasst. Querprofil aus zwei geraden Linien durch einen Kreisbogen verbunden, 5′ 6″ — 5′ = 6″ oder $^1/_{20}$ Neigung. Die Gräben sind 7′ 3″ — 5′ 9″ = 1′ 6″ tief, die Grabenböschung $\frac{2' \, 0''}{1' \, 6''} = 1^1/_3$ füssig, die Böschung rechts aber $\frac{12'}{13' \, 9'' - 5' \, 9''} = \frac{12}{8} = 1^1/_2$ füssig.

(Fig. 64.) Querprofil der nämlichen Strasse, welche auf die ganze Breite 12″ Fall hat, wenn sie eine Steige bildet. Die zu 9″ Dicke angenommene Fahrbahn, nach einer geraden Linie. Die eine äussere Grabenböschung ist felsig, daher sie nur $\frac{2' \, 0''}{12' \, 6'' - 2' \, 6''} = {}^2/_{10}{}' = {}^1/_5$ füssig ist.

Fig. 65 stellt das Querprofil einer ziemlich frequenten Strasse mit 16 Fuss breiter Fahrbahn, Sommerweg und einem Fusswege, welcher zugleich für die Materialien dient, dar. Der Untergrund ist etwas sumpfig, daher die Gräben 8′ 3″ — 5′ 9″ = 2′ 6″ tief angenommen sind und $\frac{4'}{2' \, 6''}$ oder $1^3/_5$ füssige Dossirung haben:

Capitel VII.

Ueber die verschiedenen Arten der Befestigung der Fahrbahn.

Es hängt von der Bestimmung, der Art des Verkehrs und der Frequenz der Bahn ab, ob sie mehr oder weniger zu befestigen ist, wobei noch selbstredend die disponiblen Anlagekosten in Betracht kommen. Einige Strassen sind nur provisorisch, andere werden nur in Jahreszeiten, wo weniger gute Materialien noch widerstehen, benutzt. Es ist bekannt, dass die in nassen Jahreszeiten tiefen Moor- und Marschwege im Sommer oft grössere Lasten tragen können; ebenso Sandbahnen, wenn sie nicht zu feucht oder zu trocken sind. Ferner die Haidewege, wenn sie nicht eine zu dünne Erdkruste über dem lockeren Sande haben und wenn das Regenwasser abgeleitet werden kann. Viele Acker- und Feldwege können daher im Sommer gut befahren werden.

1) Provisorische Strassen.

Knüppeldämme. Auf weichem Wald- oder Moorboden und bei Wegen, welche mehrmals verlegt werden sollen, in Spurbreite 2 Bäume als Unterlage, darüber Schaalhölzer oder starke Knüttel in die Quere, dicht an einander, an den Seiten durch gespaltene Stämme, die hin und wieder mit hölzernen Nägeln genagelt werden, befestigt. (Fig. 66).

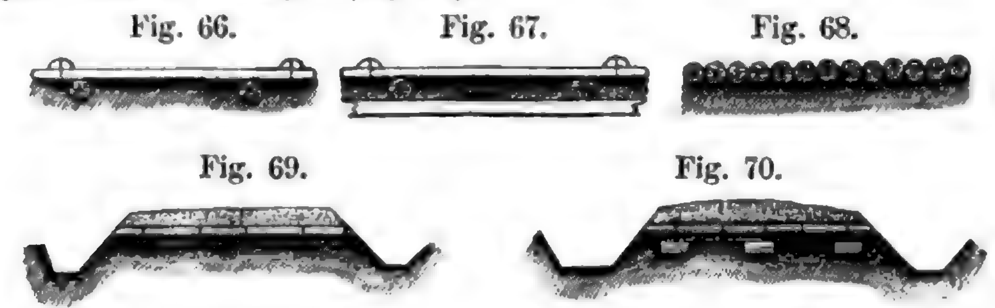


Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68.

Fig. 69. Fig. 70.

Oder auch bei weicherem Boden in 6 bis 7 Fuss Entfernung starke Baumstämme quer darunter, und dann wie vorhin. (Fig. 67).

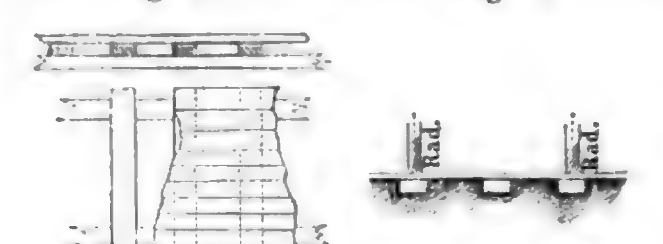
In Amerika nach Stevenson[1]) „Corduroy roads“, aus dicht neben einander liegenden Baumstämmen, sehr unbequem zu passiren. (Fig. 68).

Zu kurze Hölzer der Knüppeldämme tragen nicht die Last, zu lange brechen leicht, daher leichtes Material von grosser Basis und leicht zu verschaffen: Faschinen neben einander gelegt und Erde darüber, die man aus den Gräben nehmen kann. (Fig. 69). Auch wohl noch Langhölzer darunter. (Fig. 70). Indessen dauern sie, wenn nicht stets feucht, nur zwei bis drei Jahre. Wo viel

[1]) Sketch of the Civil Engineering of North America by D. Stevenson. 1859, pag. 132.

Holz, in Russland, Polen, Amerika etc. legt man auch Holzbahnen an, die in loserem Boden auf Pfahlwerk, in mehr festem auf liegendem Rost ruhen und mit Bohlen überdeckt sind. (Fig. 71). Auch wohl die Anordnung. (Fig. 72)[1]).

Fig. 71. Fig. 72.



Lebendige Strassen von Blumenwitz, von Jägerndorf nach Troppau (im Jahre 1817), auf morastigem Boden, und wo keine Steine vorhanden. Auf vegetationsfähiger, convexer Erdlage 2 bis 3 Zoll starke Weidenäste mit den Stammenden auf den Rücken der Bahn mit 11 — 12 Zoll Zwischenraum gelegt und an den Grabenrändern mit Würsten und Pfählen befestigt; darüber vegetabilische Erde, bis Aeste und Würste bedeckt, und endlich 4 bis 6 Zoll hoch Kies, Flussschotter oder Sand aufgebracht. Spitzen der Weidenäste in den ersten Jahren abgeschnitten, um die Verwebung der Wurzeln unter der Bahn zu befördern. Es entsteht eine feste, beständig vegetirende Grundfläche, welche elastisch ist und ziemlich schwere Lasten tragen kann. Auf die Dauer dürfte die Wurzelbildung der Strassenbahn selbst nachtheilig werden.

Spahn- oder Spanbahnen. In der Nähe von Wäldern oder in denselben hat man häufig zur Befestigung der sehr losen Sandschollen mit Vortheil Spanbahnen angewendet (z. B. in der Trebeler Allee, Landstrasse von Kreyenhagen nach Schnackenburg zwischen Lüchow und Gartow etc.). Zur ersten Anlage von einer 1 Ruthe (à 16 Fuss) langen, 10 — 12 Fuss breiten, 6 Zoll starken Spanbahn gehört ein 4spänniges Fuder Späne, welches im Ankauf 10 *gr*, Auf- und Abladen wie Ausbreiten der Späne 5 *gr* kostet, wesshalb, wenn die Materialien 1 — 1½ Stunden weit angefahren werden, die lfde. Ruthe Spanbahn 1½ ₰ kommt. Bei einer Strasse von mittlerer Frequenz kann eine solche Bahn etwa 2 Jahre halten, wenn nicht zu kleine Späne verwendet werden.

2) Befestigte definitive Bahnen.

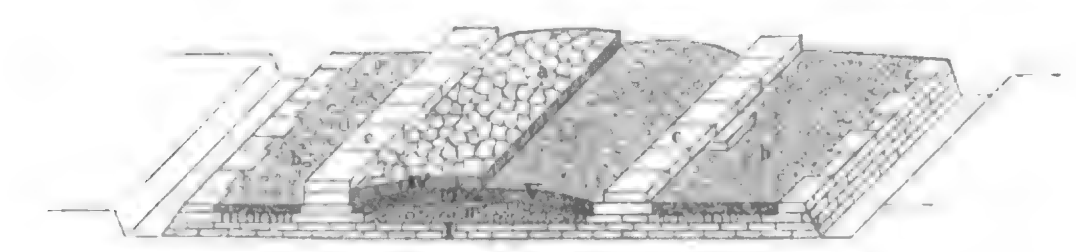
Zu den ältesten befestigten Bahnen gehören die Römerstrassen, welche meistens in kürzester Richtung auf den Höhen fortgeführt wurden und so lange wie möglich die Wasserscheide hielten. Beim Uebersteigen letzterer ging man nicht in den Seitenthälern aufwärts, sondern meistens auf den zwischen diesen liegenden Bergrücken. Dadurch wurden in militairischer Beziehung Vortheile durch Vermeidung von Defiléen erreicht, indessen kommen oft starke Steigungen

[1]) Försters Bauzeitung. 1858. II. und III. Heft.

von $^1/_{10}$ — $^1/_{12}$ vor. (Am Rhein und der Mosel.) Sie dienten auch vermuthlich, da sie meistens einen fortlaufenden 10 — 12 Fuss hohen Damm bildeten, zugleich als Wall zum Schutze der Truppen; zur Seite des Dammes scheint oft ein bekiester Sommerweg befindlich gewesen zu sein.

Nach Rondelet waren die grossen Strassen in der Nähe von Rom in folgender Weise hergestellt (Fig. 73).

Fig. 73.



I) Erste Lage — Statimen — ein oder zwei Schichten flache Steine in Mörtel.

II) Zweite Lage — Rudus — Mauerwerk von Steinbrocken mit Mörtel.

III) Dritte Lage — Nucleus — Betonnirung von zerschlagenen Kieselsteinen und frisch gelöschtem Kalk. Diese Lage fehlte bisweilen ganz.

IV) Vierte Lage — Summum dorsum — ein Pflaster, welches in die zweite oder dritte Lage in den noch weichen Mörtel eingeschlagen wurde. Auf einigen Strassen von behauenen, 5, 6 und 7eckigen Steinplatten gebildet, die bis $3^1/_2$ Fuss Durchmesser halten.

War die Strasse nicht mit grossen Steinen belegt, so bildete die dritte Lage die Bahn, in welche die grössten vorhandenen Kieselsteine eingelegt wurden und die Oberfläche hiess dann — Summa crusta — wie bei V. Der Breite nach waren sie in 3 Theile getheilt: der gewölbte, 16 römische Fuss breit: a — Agger — in der Mitte, welcher von den gewöhnlich halb so breiten Rabatten b und b durch 22 Zoll breite $16^1/_2$ Zoll hohe Bordsteine oder Bänke c c abgesondert war. Beide, Bahn wie Rabatten, dienten zum Fahren; das Militair marschirte auf der Bahn, Pferde und Wagen auf den Rabatten. Steinbänke als Fusswege und zum Ausruhen, auch vielleicht zum Aufsteigen der Reiter.

Am Niederrhein, in Belgien und Westphalen finden sich ebenfalls noch Ueberreste von den Heerstrassen der Römer. Sie bestehen meistens aus einem 18 bis 20 Fuss in der Krone breiten, versteinten Damm, neben dem zu beiden Seiten ein Sommerweg gewesen zu sein scheint. Die Versteinung ist 3 bis $3^1/_2$ Fuss dick und sind in Fig. 74 — 76 einige Profile angegeben. In allen sind nicht so viele Schichten, aber stets besteht die obere aus Kies mit Mörtel, die untere aus in Mörtel gelegten Steinen.



Fig. 74.

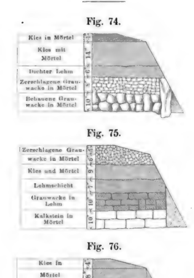
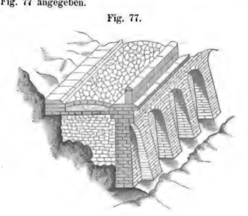


Fig. 75.

Fig. 76.

In der Nähe von Urbino ist ein Theil der flaminischen Strasse auf einer sehr hohen Bogenstellung von der Kirche St. Maria de Ponte bis Cailli angelegt, wie in Fig. 77 angegeben.

Fig. 77.



Die Versteinung der Fahrbahn ist nun, abgesehen vom eigentlichen Pflaster, in verschiedenen Ländern und zu verschiedenen Zeiten auf die mannigfachste Weise ausgeführt, indessen kann man überall zwei im Princip wesentlich verschiedene Methoden erkennen, nämlich die Versteinungen mit Grundbau und die ganz aus Steinschlag hergestellten.

Bei der ersten Art ging man von der Ansicht aus, durch grössere, breite Steine dem darüber zu bringenden Steinschlag eine erste Unterlage zu geben, weil man glaubte der Untergrund werde sich sonst durch die Steine des Steinschlags eher hindurch drücken, oder auch diese würden sich in den Boden hineinarbeiten. Diese Methode kann man jetzt als der Kindheit des Strassenbaues angehörend betrachten. Eine Verbesserung derselben war es schon, dass man statt der platten breiten Steine des Grundbaues, ein Steingestück oder eine Packlage, aus verjüngt oder pyramidal geformten Steinen anwandte, welche mit der breiten Seite aufstanden und deren obere Zwischenräume mit kleineren Steinen gehörig verkeilt und durch Abschlagen der Spitzen geebnet wurden. Sie hatte oft $1/2$ bis $2/3$, ja bis $3/4$ der Stärke der ganzen Steinbahn zur Höhe. Auf diese Weise erhielt man eine feste und dichtere Unterlage, auf welche dann eine oder mehre Lagen Steinschlag von verschiedenem Korn, und zwar der feinere nach oben angebracht wurden.

Indessen hat diese Art der Ausführung Nachtheile gegen die jetzt mehr in Aufnahme gekommene und in der Anwendung zunehmende Methode, die Versteinung ganz aus Steinschlag herzustellen. Es verschieben sich auf der Grundlage, besonders auf der von platten Steinen, und um so mehr, wenn sie so hoch reicht, dass der Druck der Räder auf sie durch die Steinschlagdecke nicht vertheilt wird, die Steine der letzteren leichter und verbinden sich nicht gut mit ihr, namentlich dann nicht bei Erneuerung der Decke, wenn erst einmal eine gänzliche Abnutzung letzterer stattgefunden hatte, und die Köpfe der Packlagesteine durch die Fuhrwerke abgeglättet waren. Ferner kommt es bei der Ausführung leicht vor, dass einzelne Steine der Grundlage höher stehen und dass das Steinschlagmaterial, wie auf einem Amboss, durch die Stösse des Fuhrwerks zertrümmert wird, worauf die Grundlage ungleichmässig zu Tage kommt und die Bahn schlecht zu befahren und reparaturbedürftig wird.

Bei den Steinbahnen, die nur aus zerschlagenen Steinen von solcher Grösse hergestellt werden, dass sie dem Zerdrücken durch die Räder Widerstand leisten, wird der Druck besser vertheilt und es findet eine gleichmässigere Abnutzung statt, auch wird die Bahn dichter und lässt weniger Wasser durch, was sehr wesentlich ist[1]).

---

[1]) Roese, über Construction von Steinschlagbahnen. Notizblatt des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins. Band III. 1853 — 54. pag. 10.

Am meisten empfohlen und durchweg angewendet wurde diese letztere Methode von John Loudon Mac Adam (1820), doch ist sie in verschiedenen Ländern in nahezu gleicher Weise schon früher ausgeführt; z. B. soll sie schon lange vorher bei älteren Strassen in Hochländern, wo man Geschiebe und Gerölle in kleine Stücke zerschlug und mit einer Lage Kies bedeckte, angewendet sein, namentlich auch in Schweden, und Wesermann (pag. 301) führt ein Beispiel an, wo 1788 — 1794 eine Strecke in der ehemaligen Grafschaft Mark, 9 bis 10 Zoll stark, ohne Grundbau, bloss von klein zerschlagenen Steinen angefertigt wurde, welche sich gut erhielt, ungeachtet sie keinen stärkeren Zusatz zur jährlichen Unterhaltung bekommen hatte als eine 15 Zoll starke Steindecke nach dem alten Systeme.

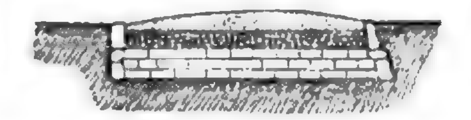
Da die Steine in einer Bahn um so grösser sein müssen, je weicher sie sind, so muss man bei sehr weichem Material meistens einen Unterbau aus Packlage herstellen; bei härterem Material würde man um so mehr Grund haben das Zerschlagen der Steine zu ersparen und eine Packlage anzuordnen, wenn nicht die Erfahrung die Vorzüglichkeit der macadamisirten Strassen in der Unterhaltung herausgestellt hätte. Ausserdem kostet ein sorgfältiges Setzen der Packlage unter Umständen nahe so viel, wie das Zerkleinern und Ausbreiten derselben Steine.

Uebrigens hat erst durch das ausgebildete und richtige Verfahren bei Anwendung der Chausseewalze die Herstellung der Steinschlagbahnen in ihrer jetzigen Vollkommenheit geschehen können.

Bevor ein Auszug aus der Hannoverschen Instruction für den Neubau und die Unterhaltung der Kunststrassen, worin Anweisungen zum Bau der Strassen von verschiedener Construction gegeben, mitgetheilt wird, ist in Kürze über einige ältere Befestigungsmethoden etwas anzuführen, welche indessen jetzt meistens nur noch ein historisches Interesse haben.

Altes französisches System und alte österreichische Methoden. (1650 — 1700). (Fig. 78). Gewöhnlich 18 Fuss breite Strassenbahn. Unterbau:

Fig. 78.



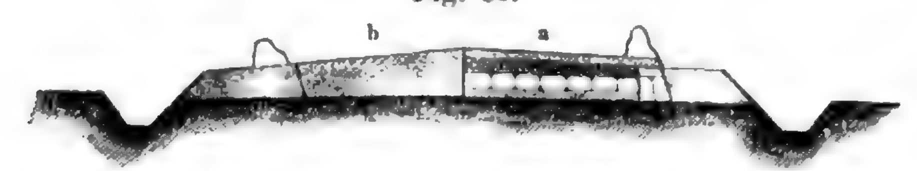
grosse flache Steine, darüber kleinere zerschlagene Steine bis zum Anfang der Wölbung etwa, letztere von zerschlagenen Kieselsteinen. Steinbahn mitten 3 Fuss, an den Seiten 2 Fuss stark. Wurden wegen der Frohndienste nur im Frühjahr und Herbst nachgesehen und sonst nicht unterhalten. Dies System ist in die alte dänische Wegordnung von 1793 übergegangen. (Fig. 79). Bordsteine gesetzt; Grundbau: grosse Steine aneinander in den Grund gelegt, verkeilt, Zwischenräume mit festgeschlagenem Lehm gefüllt, darauf Lage kleinerer

Steine als Unterbau, und hierüber 9 Zoll starke Lage Kies als Oberbau. Jede Lage Steine wird gestampft.

Fig. 79.

Alte österreichische Methode (nach Schemerl) (Fig. 80). a) Schotterstrasse mit Grundbau. Nachdem der Grund durch Befahren gehörig gedichtet und Planum gewölbt (um Material zu sparen), unten 4 Zoll Schotter (Kies)

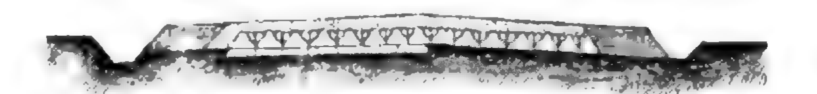
Fig. 80.



oder Bauschutt, dann eine Lage verkeilter Bruchsteine, darüber 5 — 8 Zoll starke Lage kleinerer Bruchsteine. Endlich die 4 — 6 Zoll obere Lage bei wichtigen Strassen aus gesiebtem Schotter, bei leichterem aus Sand. Die Bahn im Ganzen 20 — 22 Zoll stark, an den Seiten derselben Abweisesteine. — b) Desgleichen ohne Grundbau. Schotter in Schichten von 6 Zoll stark angefahren, in der Mitte 18 Zoll stark, $^1/_{12}$ Seitenneigung. In der unteren Lage oft Steine bis $^1/_4$ Cubikfuss Grösse. Auf den Banketts 3 Zoll Schotter. Abweisesteine in 12 bis 18 Fuss Entfernung, um Fuhrwerk von den Banketts abzuhalten.

Neue französische Methode von Trésaguet (1775) (Fig. 81). Nach Aufhören der Frohndienste konnte man die Unterhaltungsarbeiten über das

Fig. 81.



ganze Jahr vertheilen, daher die Dicke der Steinbahn vermindert, so dass Anlagekosten nur halb so gross. Sein System ist bis 1820 in Frankreich befolgt. Erdkasten gewölbt, concentrisch mit Oberfläche der Steinbahn, so dass diese also gleich stark. Bordsteine von prismatischer Form $0^{m},3$ bis $0^{m},4$ hoch. Grundlage $0^{m},15$ bis $0^{m},20$ hoch von verjüngten Bruchsteinen, darauf $0^{m},08$ bis $0^{m},10$ Schicht kleinerer Steine darin eingekeilt, und kleine Zwischenräume zwischen beiden mit Sand und Kies ausgefüllt, gut gestampft und darüber eine dritte Lage von $0^{m},05$ Höhe von Nussgrösse, oder grösser bei weichem Material. Auf nicht festem Grunde wurden noch $0^{m},07$ bis $0^{m},08$ starke platte Steine untergelegt. Dies System gleicht also dem zur selben Zeit und auch jetzt noch in Deutschland angewendeten Bau mit Packlage.

Mac Adam (1820) bildete von scharfeckigen höchstens 12 Loth schweren Steinen, die so wenig als möglich Feuchtigkeit anziehen dürfen, eine dichte,

feste und für das Wasser undurchdringliche Decke, die etwa 10 Zoll Dicke erhielt, später von ihm oft auf 6 Zoll ermässigt wurde: auch verlangt er, dass die Steinbahn erst 3 bis 4 Zoll über dem Wasser des Grabens oder des Grundes anfange. Er hält es für unrichtig, erheblich grössere Steine unten als oben anzuwenden, weil die grösseren Steine heraufgetrieben werden und oben zum Vorschein kommen. Dies System hat vielfache Angriffe erfahren, ist indessen auf dem Continent jetzt sehr gebräuchlich und beruht ohne Zweifel auf richtigen Principien.

James Patterson (1822) bildet die Steinbahn von Steinen, welche durch einen Messring von $2^1/_2$ Zoll Durchmesser gehen und nicht über 8 Loth wiegen, die er bei festem Grunde in 3 bis 4zölligen Lagen aufbringt, in weichem die erste Lage 5 — 6 Zoll stark. Ganze Stärke 8 — 10 Zoll, und walzt er die Strasse vor der Benutzung. Wo der Grund nicht trockener Sand oder Kies, legt er schmale Rinnen bis fast zur Grabentiefe, welche mit Steinen gefüllt, nach der Länge der Strasse, (Fig. 82) von denen in gewissen Abständen Seitenrinnen in den

Fig. 82.



Graben gehen. Bei 30 — 40 Fuss breiten Strassen ein bis zwei Rinnen hinreichend, bei breiteren Strassen mehre. Er nimmt nur $^1/_{36}$ Neigung der Oberfläche und glaubt, dass diese im Verein mit den erwähnten Rinnen zum Abführen des Wassers genüge. Besonders nach Aufgang des Frostes zeigt sich der Nutzen der erwähnten Rinnen.

Die preussische Methode von 1834[1]) (Fig. 83 und 84). Wenn die

Fig. 83.

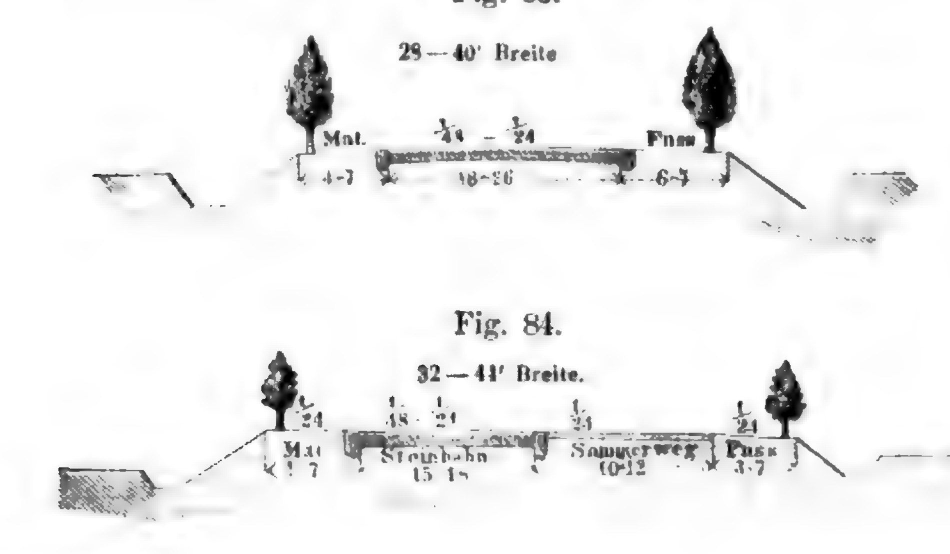


Fig. 84.

[1]) Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung von Kunststrassen. Berlin 1834.

Strasse nicht auf dem Rücken einer Erhöhung, so soll die Oberfläche der Steinbahn im trockenen Grunde nicht weniger als 2 Fuss, im feuchten nicht weniger als 3 oder 4 Fuss über dem Bauhorizonte liegen. Im Inundationsgebiete wenigstens 2 — 3 Fuss über dem bekannten höchsten Wasserstande. Auftragsprofile in sandigem Boden (als der losesten Erdart) $1^1/_2$ füssige Böschung. Abtragsprofile an Nordseite 2 füssige, Süd-, Ost- oder Westseite $1^1/_2$ füssige Böschung. Bei Höhen oder Tiefen über 5 — 6 Fuss, Banketts von wenigstens $1^1/_2$ Fuss Breite. Wenn Wellenschlag oder dem Anfall eines fliessenden Gewässers ausgesetzt: 3füss. Böschung, und 2 Fuss unter dem Hochwasserspiegel: 6 Fuss breite Berme. Wo Flugsand vorhanden, denselben mit einer Schicht fester Erde zu bedecken, und Sandschollen auf jeder Seite der Strasse wenigstens in 5° preuss. Breite durch Flechtzäune, Nesterpflanzungen und dazwischen gesetzte Sandgräser oder durch Strauchbedeckungen zum Stehen gebracht und dann zu Waldanlagen besät[1]). — Neben Kunststrassen, die durch Wälder gehen, alle Bäume und Sträucher an der Nordseite oder Westseite auf 1 Ruthe, an der Süd- und Ostseite aber auf 2 Ruthen (à 12 Fuss) vom äusseren Grabenrande abzutreiben; wenn der Grund feucht, auf doppelte und dreifache Strecke. Planum zur Stein- und Kiesbahn wie zum Sommerweg, aus Erdreich, was nicht zu fett und nicht zu mager. Auf steinigem Grunde oder grobkörnigem Sande kann die Kunstbahn ohne weitere Veränderung des Bodens angelegt werden, ist der Grund aber fett, so muss eine 3 bis 6 Zoll starke Lage Grand oder Sand, und ist er mager, eine eben so starke Lage Lehm aufgelegt werden, und durch Umstechen mit der natürlichen fetten oder mageren Bodenschicht vermengt, endlich durch Stampfen oder durch Befahren gehörig befestigt werden, so dass das Planum wagerecht wird. Geht aber die Strasse längs einem Bergabhange, so muss sie nach der Bergseite um $^1/_{36}$ der Breite gesenkt werden.

Auf Höhenrücken, die zu beiden Seiten Abfall haben, nur Gräben, wo die Begrenzung oder der Schutz der Strasse es erfordert. Auch Gräben nicht

[1]) Bevor in der Provinz Hannover $1^1/_2$füssige Böschung an der Strassenseite allgemein vorgeschrieben war, wurde in Ostfriesland auch in sandigem Boden den Dammdossirungen nur eine 1füssige Böschung gegeben. Mit Plaggen belegt, haben sie sich recht gut gehalten und sind überall bewachsen oder benarbt, wenn sie nur im Herbste zur nassen Zeit angelegt wurden.

Wo nicht ein starkes Längengefälle vorkommt, genügen danach auch in leichterem Boden 1füssige Böschungen.

Sind ohne zu grosse Kosten Haidsoden anstatt Plaggen zu den Belegungen der fragl. Dossirungen zu gewinnen, so können 1füssige ohne Besorgniss angewandt werden. Hier hat sich dies in früheren Jahren durch die Anwendung bestätigt gefunden bei ganz leichten Erdarten, wenn, wie überhaupt hierbei angenommen werden muss, die fragl. Dossirungen nicht zu hoch sind. Bis zur Höhe von 3 bis 4 Fuss ist man an hiesigen Strassen immer sehr gut damit bestanden. Mit Grund und Recht können demnach 1füssige Grabenböschungen auch an der Strassenseite für zulässig gehalten werden.

nöthig, wenn das Planum sich 2 Fuss über der Bodenfläche erhebt und kein Wasser auf den Seiten abgeleitet werden soll. — Kunststrasse, die sich an Bergabhang lehnt, erhält einen Graben, die übrigen zwei Gräben. Um tiefe und breite Gräben zu vermeiden, jede mögliche Ableitung des Wassers aus dem Strassengebiet zu benutzen; Gräben wenigstens 2 Fuss Sohlenbreite. In sandigem Boden an der Strassenseite die Gräben $1\frac{1}{2}$füssige Dossirung, an der äusseren 1füssige; in Einschnitten überall $1\frac{1}{2}$ Fuss Böschung. Sohle des Erdkastens horizontal. Wölbung der Steinbahn, je nach dem Längengefälle $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll für jeden Fuss der ganzen Breite, Sommerweg und Banketts erhalten pro Fuss der Breite $\frac{1}{2}$ Zoll Gefälle. Der Fussweg liegt am Sommerweg, das Materialien-Bankett an der Steinbahn. Wenn Sommerweg weggelassen, die Steinbahn circa um $\frac{1}{4}$ breiter. — Ebenso wenn Steinbahn aus 2 Theilen: Steinschlagbahn und Pflaster besteht, setzt man der Breite von 18—26 Fuss noch einige Fusse zu und giebt jeder die Hälfte. Die Versteinung wird wie folgt angelegt. Bei festem Gestein in der Mitte etwa 8 – 9 Zoll, an den Seiten etwa 6 Zoll. Bei nicht hartem Gestein an den Seiten circa 8 — 9 Zoll, in der Mitte 12 Zoll. Die Bahn besteht:

a) Aus einer Packlage von $2\frac{1}{2}$ bis $3\frac{1}{2}$ Zoll hohen Steinen, die Fläche nach unten, Spitze nach oben, dicht gesetzt, die höheren in die Mitte, niedrigen an die Seiten, Lücken mit 2 — 3 Zoll grossen Steinstücken ausgefüllt, die mit Hammer eingekeilt werden, doch so, dass Packlage rauh und uneben in der Oberfläche.

b) Zweite Steinlage 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll starke, zerschlagene Steine, so weit aufgebracht, dass sie mit der Packlage etwa $\frac{1}{3}$ der Dicke der ganzen Versteinung ausmacht. Diese Lage 2 bis 3 Mal mit einer im Ganzen 60 bis 70 Centner schweren Walze, von den Bordsteinen nach der Mitte hin überwalzt.

c) Obere Steinlage ebenfalls aus 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll starken Stücken bestehend und $\frac{1}{3}$ der Höhe der Steinbahn erhaltend. Diese Lage deckt die Bordsteine und wird anfangs mit 50 — 60 Centner schwerer Walze, die auf 100 — 120 Ctr. Gewicht nach und nach beschwert wird, 5—8 Mal, je nach der Härte der Steine gewalzt, so dass ein mit 50 Centner beladener Wagen darüber fahren kann, ohne merkliche Eindrückung zu hinterlassen. Von den Bordsteinen nach der Mitte gewalzt; Steine möglichst scharfeckig, gleichförmig, würfelartig und die härtesten zur oberen Lage.

d) Endlich wird eine 2 bis 3 Zoll hohe Lage Kies, der, wenn er sehr mager, mit etwas Lehm vermischt wird, ausgebreitet und festgewalzt[1]).

---

[1]) In der Provinz Hannover verwirft man es, irgend lehmige oder erdige Bestandtheile in den Steinbahnkörper zu bringen. Auf französischen Bahnen lässt man bei Steinschlag, welcher kein Bindemittel enthält (z. B. Quarz etc.), es zu, dass zur besseren Verbindung beim Walzen kreideartiges Gestein in kleinen Stücken zwischen gebracht werde, welches beim Walzen zertrümmert wird und einen Kitt abgiebt.

Etwa 6 Wochen nach Eröffnung werden noch Sperrsteine gelegt, (durch 6 Wärter pr. Meile Bahn) Morgens angebracht und Abends weggenommen, um zum schlangenförmigen Befahren der Bahn zu nöthigen. Darauf wird die Strasse der gewöhnlichen Beaufsichtigung übergeben.

Ueber andere, von englischen und französischen Baumeistern Telford, Parnell, Polonceau, Morandière, Coulaine, Bormans befolgte Methoden, ist im Steenstrup das Weitere nachzusehen [1]).

Ausser durch Steinschlagbahnen, welche so eben abgehandelt, kann man die Fahrbahn nun noch durch Steinpflaster und Klinkerpflaster, je nach dem verfügbaren Material herstellen, endlich sogenannte Grandbahnen, ganz von Kies, anlegen.

Die Wahl einer oder der anderen Construction hängt von Folgendem ab. (§. 138). [2]).

Im Allgemeinen:

1) von dem Umfange, der Gattung und der erforderlichen Bequemlichkeit des Verkehrs.

2) Von der Sicherheit und Zweckmässigkeit des Baues, mit besonderer Rücksicht auf das verfügbare Material, ferner von der örtlichen Lage und Beschaffenheit des Untergrundes.

3) Von dem Kostenaufwande, welchen jede der möglichen Bauarten im Neubau und der Unterhaltung erfordert.

(§. 139.) Pflaster aus natürlichen Steinen ist vorzuziehen:

1) für belebte Strassen in Städten und geschlossenen Orten;

2) für feuchte Strassenstrecken;

und zwar sub 1 und 2, weil das Pflaster weniger abnutzt, und die Steinbahn im Feuchten mehr schmutzt, auch in den Städten zu stark stäubt;

3) für Strassen, welche von schwerem Fuhrwerk in grosser Zahl benutzt werden, sofern Steinschlagmaterial von genügender Festigkeit nicht vorhanden, oder nur mit übermässigem Kostenaufwande zu haben ist.

Gutes Pflaster ist zwar in der Anlage theurer, erfordert aber weniger Zugkraft und weniger Unterhaltungskosten, so dass es mit Rücksicht auf letztere oft billiger kommt als Steinschlag von nicht sehr hartem Material. Auf Chausseedämmen, welche sich stark setzen, legt man zuweilen erst Pflaster, nimmt es auf, wenn der Damm sich gesetzt hat, höht mit Sand oder Kies wieder auf und verwendet dann Steinschlag. Die Pflastersteine können dann anderswo wieder gebraucht werden.

---

[1]) Steenstrup. Leitfaden zur Anlage und Unterhaltung der Landstrassen. Kopenhagen. 1843.

[2]) Die in der Folge angeführten §§. beziehen sich auf die „Technische Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststrassen". Hannover. 1860.

4) In Gegenden, wo der Verbrauch an Material auf das Aeusserste beschränkt werden muss.

Soll aber die gepflasterte Bahn auch den Reisenden und Fuhrmann befriedigen, so muss dieselbe aus geformten (behauenen) Steinen sorgfältig zusammengesetzt sein. Diesen Anordnungen entspricht nur das Reihenpflaster von behauenen Steinen; dasselbe ist zwar in der Anlage theurer als das schlechtere Schieb- oder Rippenpflaster, in der Unterhaltung ist dagegen das beste Pflaster auch das billigste. Daher sollte man die gemeine Pflasterart nach und nach aufgeben und Reihenpflasterung einführen.

(§. 140.) Steinschlagbau ist vorzuziehen:

1) wo vorzugsweise leichtes Fuhrwerk die Strasse benutzt und für Annehmlichkeit und Bequemlichkeit des Fuhrverkehrs gesorgt werden muss.

Also z. B. bei grösserem Personenverkehr.

2) Auf unsicherem Untergrunde,

weil derselbe, mehr zusammenhängend, den Druck der Belastung besser überträgt als Pflaster, und weil dichter, weniger leicht auffriert, auch da wo das Auffrieren vorkommt, es eine weniger schädliche Wirkung hat.

3) Wo Steinschlagmaterial in genügender Masse und Festigkeit ohne nachtheiliges Kostenverhältniss nachhaltig verfügbar ist.

(§. 141.) Grand- oder Kiesbahnen sind nur für leichtern Verkehr und nur dort anzulegen, wo deren Neubau und Unterhaltung geringeren Kostenaufwand erfordern als Pflaster oder Steinschlag. Sie können auch dann sehr nützlich sein, wenn man sie später als Unterbau für Steinschlagbahnen benutzen kann.

(§. 142.) Klinkerbahnen sind herzustellen, wo sie mit Rücksicht auf Annehmlichkeiten des Verkehrs den Vorzug verdienen, und die Kosten des Neubaues, wie der Unterhaltung, den für andere Bahnen aufzuwendenden Kosten annähernd gleich stehen. Sie eignen sich vorzugsweise für leichten Verkehr.

(§. 143.) Sind auf einer Strasse streckenweise abwechselnd theils Pflaster aus natürlichen Steinen, theils Steinbahnen anderer Art zu bauen, so soll, abgesehen von besonderen Verhältnissen (geschlossene Orte, Mulden, Einmündung anderer Wege etc.) die Länge jeder Strecke mindestens 150 Ruthen betragen. Besonders in den nördlichen Provinzen Hannovers befinden sich noch Doppelbahnen, wo früher neben dem Pflaster eine Grandbahn oder auch Steinschlagbahn, und umgekehrt, angelegt wurde, um für schweres und leichtes Fuhrwerk gleichmässig zu sorgen. Bei sehr breiten älteren Strassen findet sich auch fast regelmässig ausserdem noch ein Sommerweg vor. (Fig. 85.) Am besten liegt dabei die Steinschlag- oder auch Grandbahn an der Seite des Sommerweges, um beim Abschlemmen derselben nicht den Fussweg zu verderben. Neuerdings legt man Doppelbahnen wegen der grösseren Anlage- und Unterhaltungskosten,

Fig. 85.



welche bei den vorhandenen namentlich die zu schmale und mit ungünstigem Querprofil herzustellende Steinschlagbahn verursachte, nicht mehr an, sondern begnügt sich mit einer befestigten Bahn und einem Sommerwege. Uebrigens würde man bei Doppelbahnen der Pflasterbahn die normale Wölbung geben, die zweite Steinbahn wird nicht gewölbt, sondern erhält von der ersten Steinbahn ab eine Neigung von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll auf jeden Fuss der Breite. Bei dieser Anordnung entstehen wegen des Ueberhängens des Fuhrwerks zuerst Gleise bei A. Zur Zeit des lebhaften Verkehrs auf den Chausseen waren Doppelbahnen nützlich, sind aber eine Last auf den Chausseen, deren Frequenz durch die Eisenbahnen sehr gesunken ist, daher auf deren Umwandlung in einfache Stein- oder Pflasterbahnen hingewirkt wird.

Capitel VIII.

Bau der Strassen und Specialitäten über die Construction der einzelnen Bestandtheile.

A. Herstellung des Planums.

Behufs Ausführung der Strassenbauten sind in der hannoverschen Instruction folgende Vorschriften enthalten, welche hier mit einigen Erläuterungen wieder gegeben werden.

(§. 19.) Bei Auftrag des Wegedammes ist der Boden von der untersten Lage allmählig aufsteigend in wagerechten etwa 6 Zoll hohen Schichten abzulagern, zu zerkleinern, zu planiren und festzustampfen.

Besonders sind gefrorene Bodenstücke zu zerkleinern, da sie sich oft lange im gefrorenen Zustande im Damme halten und später zu schädlichen Sackungen Anlass werden. Ebenso müssen Gras und Heidsoden vollständig zerkleinert werden.

An Abhängen, welche nach dem Grade der Neigung das Abgleiten des Auftrags befürchten lassen, sind vor dem Auftrage des Erddammes, in den Hang eingearbeitete Terrassen, deren Höhe nicht grösser als ihre Basis, und die der Entwässerung wegen etwas thalwärts geneigt sind,

zu bilden: auch kann, wenn besondere Umstände dies erfordern, der Fuss des Dammes durch mauerartig aufgesetzte Steine oder auch Stützmauern gesichert werden.

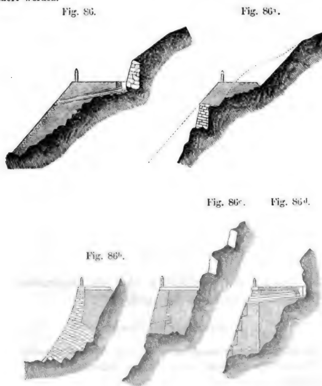


Fig. 86. Fig. 86ᵃ. Fig. 86ᵇ. Fig. 86ᶜ. Fig. 86ᵈ.

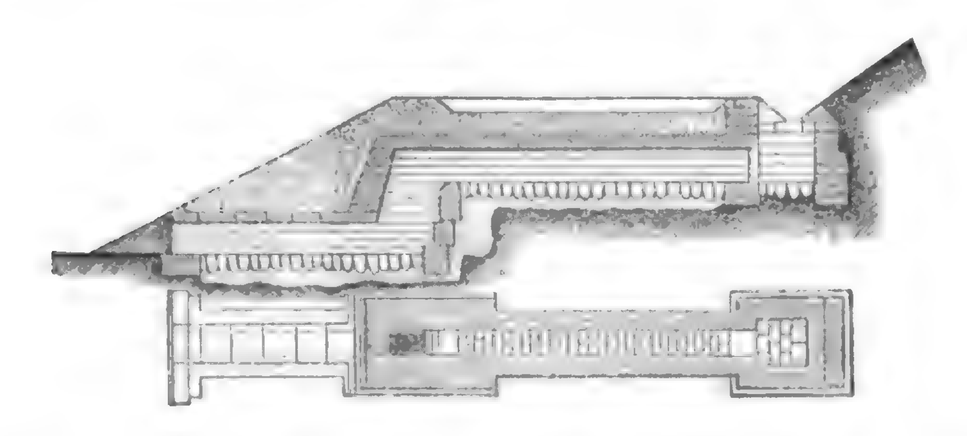
Legt man Durchlässe in den Damm, wie in Fig. 86 angegeben, so muss man ihn an dieser Stelle gut stampfen, um ein Sacken und Zerbrechen des Durchlasses möglichst zu umgehen. Eventuell muss man ihn, wie bei Eisenbahnen, auf dem gewachsenen Boden unter dem Damme durchlegen; er bekommt dann eine Lage wie der Sickercanal in Fig. 88. (Vergl. über solche Constructionen das Werk von Etzel über „die österreichischen Eisenbahnen", ausgeführt von 1857 — 1867. Wien 1864 — 1867.)

(§. 26.) Hierbei sind übrigens bei Schüttungen an Seitenabhängen etwa vorhandene wasserführende Bodenschichten, so wie die unbedeutendsten

Quellen sorgfältig zu untersuchen und vor Ausführung der Schüttungen zu gehöriger Ableitung des Wassers geeignete Maassregeln zu treffen.

Dies geschieht durch Ansammeln des Wassers und Durchführung desselben

Fig. 87.



mittelst Durchlässe, wo viel Wasser, oder durch Drainirung, Anlage von Steinsporen und Sickercanälen in grösserer oder geringerer Ausdehnung, welche vorher in die natürliche Böschung gelegt werden, wo weniger Wasser vorhanden ist.

Fig. 88.



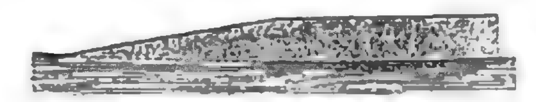
(§. 20.) Auf Klaiboden mit weichem Darguntergrunde ist die Höhe des Wegekörpers auf das Aeusserste zu beschränken, und zu beiden Seiten des Erddammes sind Bermen von ausreichender Breite anzulegen. Den Seitengräben ist keine grössere als die nach den sonstigen Verhältnissen erforderliche Tiefe zu geben.

Fig. 89.



Ersteres, um die Last zu vermindern und die Basis zu verbreitern, und letzteres, um die tragende Klaischicht nicht zu durchstechen, wonach ein Einsinken des Dammes und ein Zuschieben der Gräben erfolgen könnte. Auch kann man, da dergleichen Dämme zuweilen hohl werden, eine flache Dossirung, welche die Kante verstärkt, oft mit Nutzen anwenden.

Fig. 90.



(§. 21.) Beim Bau auf Moorgrund ist für mögliche Austrocknung und Comprimirung des Moors durch angemessene Entwässerung zu sorgen, und den zu diesem Zwecke anzulegenden Gräben ist ausreichende Breite und Tiefe zu geben. Neben dem Damme sind Bermen anzulegen, deren Breite in angemessenem Verhältnisse zur Tiefe und Festigkeit des Moors stehen muss. (Fig. 89.)

Der Strassendamm soll, wo dies erforderlich, eine Unterlage von möglichst festen, 3 Zoll dicken Moorsoden erhalten, welche in mehren Schichten in gutem Verbande zu legen sind, in der Mitte convex, die bewachsene Seite nach unten, weil dabei eine grössere Dichtigkeit und Festigkeit erreicht wird *).

In tiefen und weichen Moorstrecken ist zur Auffüllung Moorboden zu verwenden. Der Damm ist so hoch herzustellen, dass auch nach den zu erwartenden Sackungen das aufsteigende Grundwasser — (Hygroskopicität) — die Unterbettung des Steinbahnkörpers nicht erreicht. Die Tragfähigkeit des Moores darf jedoch nicht überschritten werden.

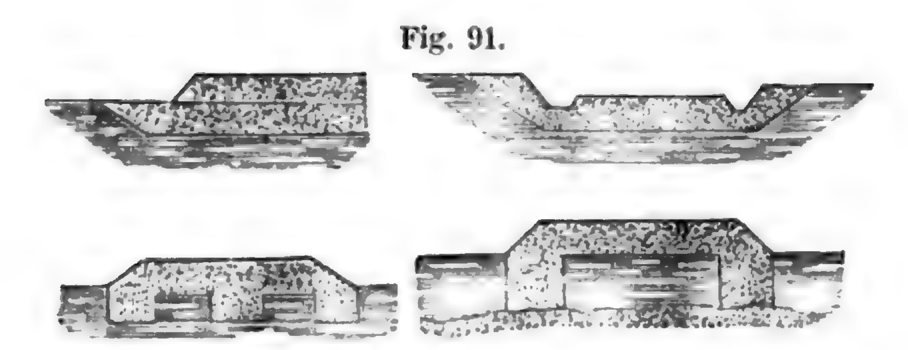
Zur Abführung des Wassers aus dem Wegekörper und aus dem Untergrunde, sind in Abständen von 2 bis 3 Ruthen kleine Rillen durch die Bermen nach den Seitengräben zu ziehen.

Für festere und weniger tiefe Moorstrecken genügt meistens eine gehörige Abwässerung, um ohne Weiteres schwere, tragbare Erdmassen aufzubringen.

Bei nicht tiefem, weichem Moor kann man, wenn Erde überflüssig (aus Einschnitten), auch 4 bis 5 Fuss tief ausgraben und gute Erde (am besten Sand) hineinbringen (Fig. 91), indessen ist dies Verfahren kostspielig; das Ausheben von Gräben und Anfüllen derselben mit Erde, zur Ersparung, hat selten Erfolg gehabt, wenn die Füllung nicht bis auf den unterliegenden Sandboden reichte.

*) Mit guten Moorsoden ist in der oben beregten Weise auf 8 — 10 Fuss und mehr tiefen Mooren eine einen Fuss starke Dammbettung gebildet und darauf die Sandschüttung zu $2^1/_2$ — 3 Fuss hohen Dämmen, mit sehr günstigen Erfolgen, gemacht worden, an mehreren Orten. Bei geringeren Dammhöhen reichten schon 6 bis 9 Zoll starke Sodenbettungen aus, ohne bemerkbare Senkungen zu zeigen und nur durch Nivellements wurden später ganz unerhebliche Abweichungen gefunden.

Fig. 91.

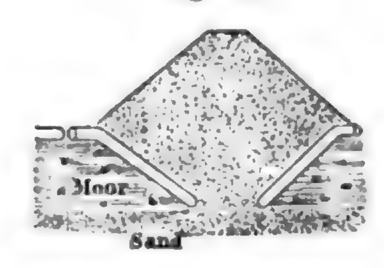


Auf 8 bis 16 Fuss tiefem, theils faserigem, theils schlammigem Moor bei Gr. Hain, Bederkesa und Beverstedt sind in den Jahren 1859 — 1861 Moordämme für Landstrassen mit 2füssiger Böschung ohne Bermen von dem Aushub der Seitengräben 6 Fuss hoch gebildet, die versackten Stellen wurden im nächsten Winter und das Frühjahr hindurch nachgehöhet, dann eine 1 Fuss starke Sanddecke aufgebracht und der Passage übergeben. Die Sanddecke wurde als Unterlage für später zu beschaffende Steinschlagbahn allmählig bis $1^1/_2$ Fuss verstärkt. Diese Strecken haben sich recht gut gehalten. Die Kronenkanten liegen mindestens 3 Fuss über dem höchsten Wasserstande.

Auf der Landstrassenstrecke zwischen Hagen und Meyenburg soll 1848 bis 1849 durch ein 28 bis $62^1/_2$ Fuss tiefes Moor (Uthleder Vieh-) ein 2 Fuss hoher Damm mit Moorsoden und Bermen hergestellt, gleich darauf eine 2 Fuss hohe Sanddecke gebracht sein. Nach noch nicht vollendeter Sandschüttung ist auf der 40 bis $62^1/_2$ Fuss tiefen Moorstrecke der Damm weggesackt. 1862 wurde durch dieses Moor ein Damm mit 2füssigen Böschungen mit Bermen und 6 Fuss Höhe von demselben Moorgrunde — zur Seite hinter den Gräben entnommen — hergestellt. Entwässerung des Untergrundes war nicht zu erreichen. Der Damm hat sich bisher gut gehalten, wahrscheinlich weil der höhere Moordamm den Druck besser vertheilt.

Bei hohen Dämmen lässt man vorher auf 5 — 6 Fuss Tiefe das Moor etwas vom Fuss der Böschungen entfernt und in der Mitte regelmässig einschneiden und schüttet so lange nach, bis der Damm nicht mehr sackt; so sind z. B. die Dämme in bis 30 Fuss tiefem Moor an der Geestemünder Bahn geschüttet, die mit dem unteren Theil auf den festen Boden reichen, und ein Profil, wie in Fig. 92 haben.

Fig. 92.



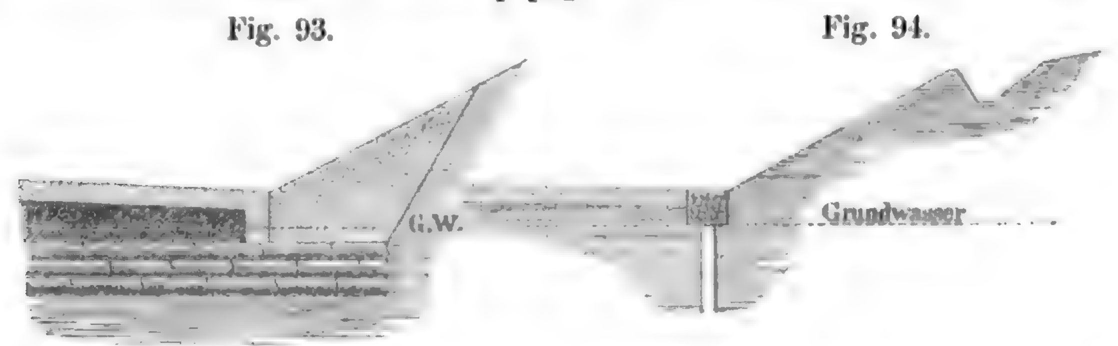
Wesermann führt Beispiele von Strassen auf Moorgrund an[1]). Durch einen 600° langen Sumpf aus Torferde und Flugsand, dessen Oberfläche beim Daraufspringen mehrere Ruthen weit erzitterte, wurde ein Damm von Sand gebracht, welcher sich gut hielt.

Strassendamm über Sumpf aus Lehmgrund (1793). Damm von Morast oder Schlamm $3\frac{1}{2}$ bis 4 Fuss hoch, trocknete im Frühjahr aus, darüber 15 Zoll starke Steinschlagdecke; hat sich 36 Jahre so gut gehalten wie jede andere Strasse.

Wesermann baute von Düsseldorf nach Gladbach $\frac{1}{2}$ Meile durch den Neerser Torfbruch. Das Torflager war 6 Fuss stark, darunter Sand. Nur an berasten Stellen konnte man reiten, sonst versank man; wenn man 6 Zoll tief grub, hatte man Wasser. Der 2 — 3 Fuss hohe Strassendamm, ganz von nicht zu nahe gewonnenem Torf; nachdem 1 Jahr ausgetrocknet, darüber 12 Zoll starke Kiesdecke, welche die schwersten Fuhrwerke trug, wobei der Druck der Räder eine Bewegung des Wassers in den Gräben hervorrief. Dennoch widerstand der Damm sehr gut.

Man hat auch vielfach Faschinen unter den Damm gebracht, zur Verbreiterung der Basis (Fig. 93), oder die Strasse mit Spundwänden eingefasst (Fig. 94), was aber sehr kostbare und nur im Nothfall anzuwendende Mittel sind. Ein Beispiel einer von Telford auf schlechtem Boden angelegten, betonnirten Strasse siehe im Steenstrup pag. 137.

Fig. 93. Fig. 94.



(§. 22.) Auf sandigem Terrain ist beim Beginn der Planumsarbeit die Muttererde zuvörderst abzuräumen und demnächst zur Befestigung der Böschungen, Gräben etc. zu verwenden. In Flugsandstrecken ist die nächste Umgebung der Strasse durch Bedecken mit Lehm oder Plaggen, durch Besäen mit Sandhafer, durch Fuhren, Flechtzäune, kleine Erddämme oder in anderer geeigneter Weise zu befestigen und die Strasse zu schützen.

Um das Verwehen des Hafers zu verhindern, ist es zweckmässig, wenn solche zu haben, die Fläche mit Tannen- oder Fichtensträuchen zu bedecken[2]).

[1]) Wesermann, Handbuch für den Strassen- und Brückenbau. 2. Ausgabe. Düsseldorf. 1830.

[2]) Durch Anpflanzung des drüsigen Götterbaumes (Aylanthus glandulosus) soll sich der Flugsand besonders befestigen lassen. Nach dem Journal „Ausland"

(§. 23.) Führt die Strasse über ein Terrain, in welchem Baumwurzeln stehen, so sind die in der Fläche der Steinbahn befindlichen Wurzelstücke zu beseitigen, wenn sie nicht durch Aufschüttung des Erddammes mindestens 2 Fuss hoch mit Erde bedeckt werden. Im Bereiche des Banketts und des Sommerweges ist die Beseitigung der Baumwurzeln nur so weit erforderlich, als dieselben der Benutzung dieser Strassentheile nachtheilig sind.

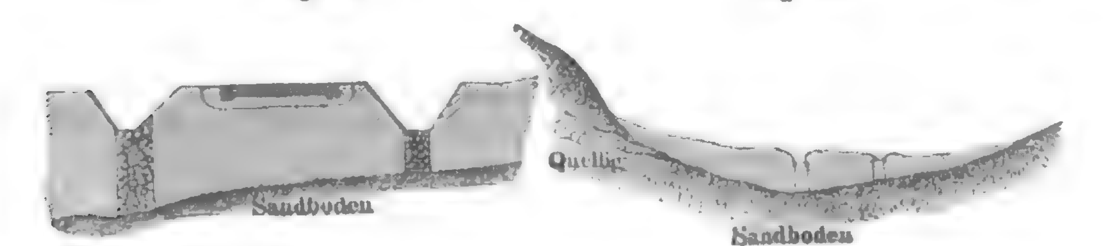
(§. 24.) Zur Abführung des Wassers, namentlich bei thonigem, nicht durchlassenden, sumpfigen oder quelligen Untergrunde, sind neben der Anlegung von Gräben vollständige Vorkehrungen zu treffen.

Einen solchen Boden, besonders den quelligen, erkennt man auch daran, dass der Schnee im Frühjahre am ersten schmilzt, dass Pflanzen und Kräuter im Sommer frisch stehen, während die Sonne sie an anderen Stellen verdorrt, dass das Getreide im Ganzen nicht gut fortkommt, dass gewisse Pflanzen (Mentha, Färberröthe, Lychnis, Ranunculus, Equisetum etc.) gut fortkommen, und dass zur Herbstzeit weder Thau noch Reif liegen etc.

Auf felsigem Boden kann man Quellen durch kleine Canäle quer durch die Strasse, Sickercanäle etc., leicht ableiten. Man kann nie direct auf dem Felsen fahren, sondern bringt stets Steinschlag, wenn auch von geringer Dicke, an.

Ist unter lehmigem Boden eine Erdschicht, welche das Wasser leicht aufnimmt (Kies oder Sand) und Gefälle hat, so kann man Brunnen oder Bohrlöcher machen, wohinein das Wasser sich verliert, und solche mit Kies oder Sand ausfüllen. (Fig. 95.) Doch muss man sicher sein, nicht in einem

Fig. 95. Fig. 96.



Falle, wie bei Fig. 96 das Entgegengesetzte zu erreichen. Kennt man die Tiefe des Grundwassers, so senkt man den Brunnen bis auf dieses. Am meisten hat man mit diesem Boden und der Abführung des Wassers in Einschnitten

34. Jahrgang, Nr. 112 de 1861, pag. 1008 ist es einem Gutsbesitzer Lambert bei Odessa gelungen, einen Boden, der 12 Zoll hoch aus reinem Flugsande bestand, welcher von seiner felsigen Unterlage durch den leichtesten Wind aufgerührt und zu wachsenden Dünenhaufen aufgethürmt wurde, durch Anpflanzung des Aylanthus glandulosus zu befestigen und auf diese Art dem undankbaren Boden eine beträchtliche Rente von Holz abzugewinnen. Die Anpflanzungen von Pinus maritima und Akazien hatten so gut wie kein Resultat gegeben, während der Aylanthus mit seinen wuchernden Wurzeln sich überall hin verbreitet und Dickichte geschaffen hatte, die der austrocknenden Eigenschaft der Sonnenstrahlen und der Bewegung der Winde vollkommenen Widerstand leisteten.

zu kämpfen. Man legt die Strasse daher, um bei den Erdarbeiten das Wasser los zu werden, stets mit Fall, am besten nach beiden Seiten fallend, an (Wasserscheide), und sorgt für gehörig breite Gräben — (siehe Eisenbahn-

Fig. 97. Fig. 98.

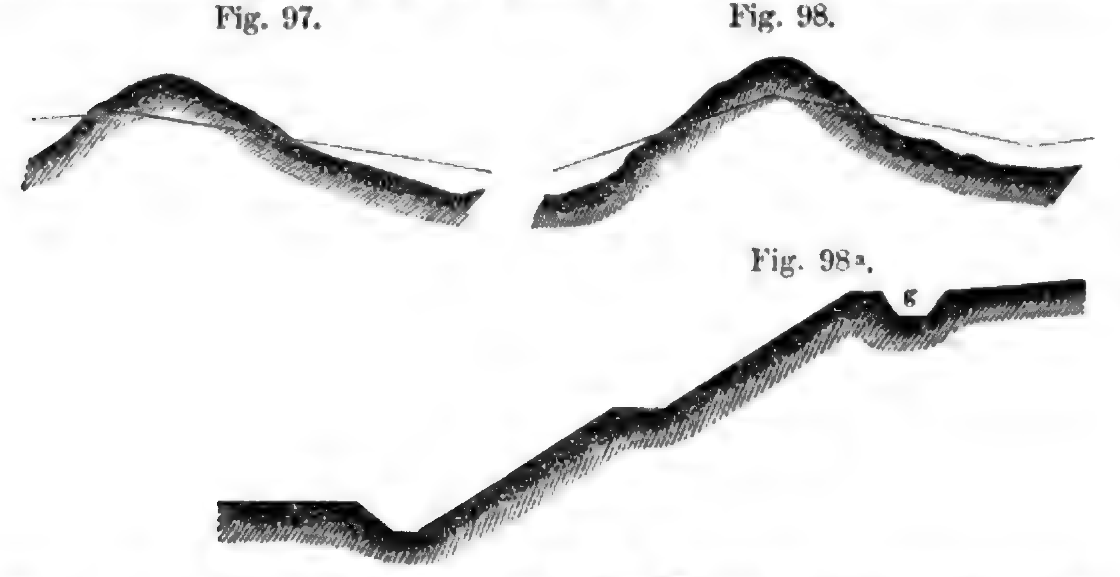
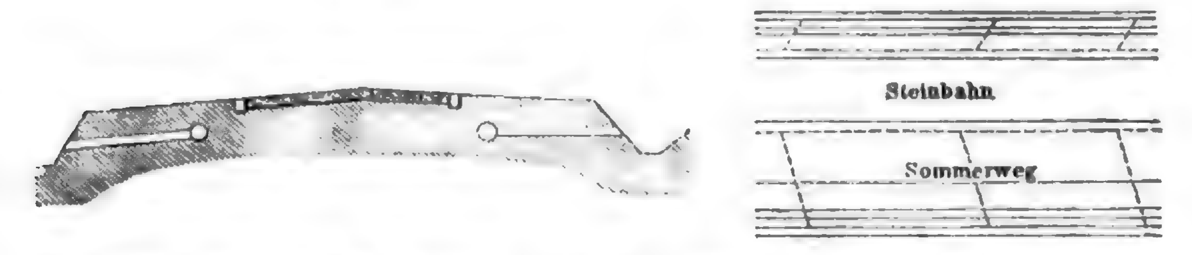


Fig. 98a.

bau) — und wendet zur Trockenlegung des Planums Drains oder Sickercanäle an, welche man, damit sie nicht auffrieren, oder im Winter von Eis verstopft werden, $2^1/_2$ bis 4 Fuss tief unter der Oberfläche legt, wo es nur eben thunlich ist. Auch sorgt man für Abführung des Wassers an der Oberkante der Böschung, ehe es an derselben abfliesst, durch Gräben g. (Fig. 98a.)

Die Drains werden etwa 2 Fuss ausserhalb des Planums der Steinbahn gelegt, um bei etwaigen Reparaturen sie leichter aufgraben zu können, und

Fig. 99. Fig. 100.

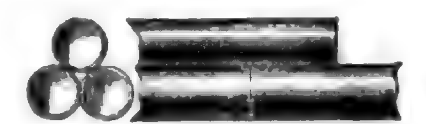


sie sollen mindestens ein Gefälle von $^1/_{1200}$ haben. Selten ein Drain mitten unter der Steinbahn. Alle 3 bis 4 Ruthen führt man einen Seitendrain, welcher das Wasser des Längsdrains aufnimmt, in den Graben. Seitendrain von grösserem Querschnitt (Fig. 100). Ein zu grosses Gefälle lockert die Auflage, treibt auch leicht Körper hinein, welche die Drains verstopfen [1]); $^1/_{30}$ ist das Maxi-

[1]) In einem der Muschelkalkbildung (Trias) angehörenden Terrain bei Göttingen fanden sich 3 Zoll weite Röhren fast ganz durch Kalkablagerungen verstopft. Auch hineinwachsende Baumwurzeln sind Ursachen von Verstopfung geworden, oder sie ziehen sich durch die Stossfugen der Röhren, welche dann durch eindringenden Sand verstopft werden. Bei Drainirung von Weghaus-Gärten sind die in die Nähe

mum. Für Leitungen von 80⁰ Länge sind Röhren von $1\frac{1}{2}$ Zoll Weite zu verwenden. Bei längeren Leitungen sind für die nächsten 120⁰, Röhren von 2 Zoll Weite, für die etwa grössere Länge Röhren von grösserer Weite zu benutzen. Man kann auf diese Weise also längere Züge machen und nachtheilige öftere Aufgüsse vermeiden. Es kann auch der Fall vorkommen, dass man zur Seitenableitung nur die Strasse quer durchschneidende Wasserzüge benutzen kann; der dann erforderlichen grösseren Länge der Wasserzüge entsprechend, muss man selbstredend weitere Drains anwenden. Röhren von weniger als $\frac{1}{2}$ Zoll Weite sind nicht anzuwenden. Die Drains werden selbstredend mit offenen Fugen (nicht verstrichen) gelegt, und man darf unter die Stösse keine Steine, etwa um ein besseres Fundament herzustellen, bringen. Auch legt man in Ermangelung grösserer, mehrere kleine Drains bei einander im Verband. Die

Fig. 101.



Seitendrains an der Ausmündung mit einer Stirn zu versehen, ist häufig zu kostspielig. Erwünscht ist allerdings wenn man die Ausmündungsstücke aus festerem Material (Sandstein etc.) herstellt, die man nach der Ebene der Böschung abschrägt. Auch kann man die Mündungen durch einige roh bearbeitete, pflasterartig um sie angebrachte Steine schützen. Die Ausmündung ist mit einem Gitter oder einer durch den Ausfluss des Wassers sich öffnenden Klappe zu versehen, da sonst leicht Frösche, Mäuse, Schnecken etc. hineingelangen und die Saugedrains verstopfen. Die seitliche Wirkung der Drains hängt von der Bodenbeschaffenheit ab und wird um so grösser, je durchlässiger der Boden ist; unter übrigens gleichen Umständen soll sie mit der Tiefe der Lage durchschnittlich im Verhältniss von 6 : 1 wachsen, d. h. ein 4 Fuss tief liegender Drain wirkt auf 24 Fuss nach jeder Seite hin. Die Richtung der Drains, im Grundriss gesehen, ist oft gegen die Strassenachse geneigt, um von dem vorhandenen Längsgefälle der Strasse zu profitiren (vergl. Fig. 100). Statt der Drains kann man auch Sickercanäle quer durch die Strasse legen, auch 4 bis 6 Zoll weite Backsteincanäle, deren ausgehobene Grube mit Steinschlag ausgeschüttet wird, wie es z. B. in England gebräuchlich. Man kann dann, wenn man erhöhte

Fig. 102.



---

von Hecken zu legenden Drains mit Muffen zu versehen. Zum Studium ist zu empfehlen Katechismus der Drainirung von W. Hamm. Leipzig. Weber.

Fusswege hat, statt sonst einen besonderen Seitendrain unter demselben durchzuführen, einen vertikalen Abfluss direct in den Querdrain anbringen.

Fig. 103.

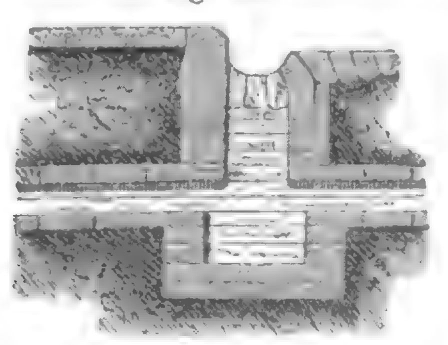
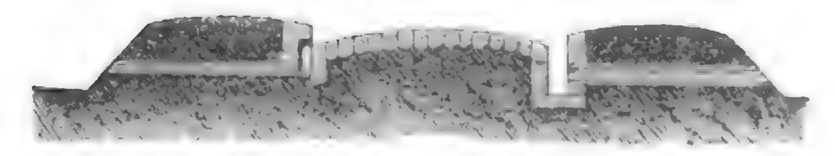


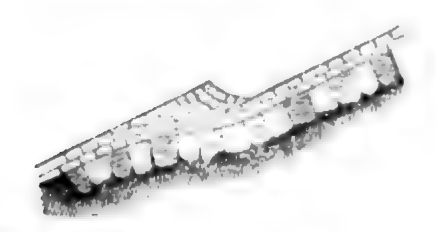
Fig. 103a.



Ueber Mittel zur Befestigung von Böschungen und Reparatur von Rutschungen: beim Eisenbahnbau; einige Mittel für gewöhnliche Fälle werden bei der Befestigung der Gräben angegeben werden und können auch hier angewendet werden. Principiell sucht man durch Gräben an der Kante des Einschnitts vorher das Wasser abzufangen, und wenn dies unthunlich oder ungenügend, leitet man es auf der Böschung abwärts, durch gepflasterte Mulden, oder durch Mulden und mit $^1/_{80}$ – $^1/_{100}$ abwechselnd geneigten befestigten Bermen (Fig. 104)[1]. Ebenso verfährt man, wenn erforderlich,

Fig. 104.

Fig. 104a.





[1]) Beim Chausseebau, wo die Fälle meistens von mehr untergeordneter Art als beim Eisenbahnbau, hat man zur Befestigung der Einschnittsböschungen in sehr quelligem Terrain Sickerrinnen mit Vortheil und meistens als genügend angewendet. Sie sind schräg liegend (um ein geringeres Gefälle als das der Böschung zu erhal-

bei hohen Dämmen. Böschungen erhöhter, in Inundationsflächen liegender Dämme sind so weit zu verflachen, wie es nach den gegebenen Verhältnissen zur Sicherung nothwendig ist, gewöhnlich genügt 3füssig; besonders verflacht man sie an der Seite stromab, um vorkommenden Ueberstutz zu mässigen (oft bis zu $^1/_{12}$) unter Weglassung der Gräben, oder Anbringung muldenförmiger, flacher Gräben (§. 30). Zum Schutz der Dammböschungen gegen fliessendes Wasser sind Pflasterungen, Packwerke, Berauhwehrungen, Buschpflanzungen etc. anzuwenden [1]), wovon nachstehend einige Beispiele.

(Fig. 105.) Flechtwerk an 3 — 4 Fuss langen, 3 Zoll dicken, grünen Weidenpfählen, 1 — $1^1/_4$ Fuss von einander entfernt und 2 — $2^1/_2$ Fuss nach aufwärts. Pfahllöcher vorgestossen, Pfähle mit Holzhammer geschlagen und Kopf glatt abgeschnitten. Treiben Wurzeln in den Boden. Auch in feuchten Dossirungen zu gebrauchen.

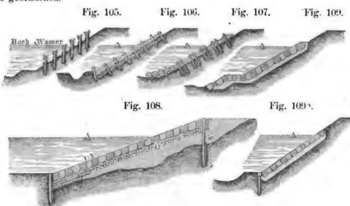


Fig. 105. Fig. 106. Fig. 107. Fig. 109. Fig. 108. Fig. 109 a.

(Fig. 106.) Flechtzäune an lebendigen Weidenstöcken, mit Steinen dazwischen, 9 — 12 Zoll hoch. Auch Reith oder Stroh darunter gelegt. — (Fig. 107.) Buschbekleidung mit Stroh darunter. — (Fig. 108.) An Küsten bei starkem Wellenschlage: Steinpackung.

Bei gepflasterten Dossirungen: $1^1/_2$ — 2 Fuss dicke lagerhafte Bruchsteine auf hohe Kante, mit der Länge in Richtung der Böschung, um die wenigsten Fugen in der Richtung des Stroms zu erhalten, oben und unten wohl

ten) 2 — 3 Fuss tief und 1 — $1^1/_2$ Fuss breit aus der Böschung ausgehoben und mit Steinen ausgefüllt, über die Steinlage wurde eine starke Besodung gebracht, so dass die Sickercanäle nicht mehr zu bemerken waren.

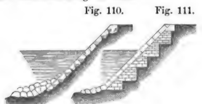
[1]) Zu den Buschpflanzungen an steilen Böschungen eignet sich die Akazie. Sie muss aber niedrig gehalten werden, um Windbruch zu verhindern.

in Mörtel, die übrigen trocken. Die Fugen mit kleinen Steinen ausgekeilt, auch wohl in Moos gesetzt, oder Queckenwurzel hinein. Bruchsteine hierbei wenigstens 18 Zoll lang. (Fig. 109.)

Bei starkem Strom und kleineren, nicht lagerhaften Bruchsteinen, Pflaster in Kalkmörtel 1 Fuss bis 1 Fuss 6 Zoll stark. Wenn Boden kein Felsen, oder sonst ausspült, am Fusse Vorschüttung von Steinen. (Fig. 110.)

Hohe, schnell gebaute, in trockener Witterung ausgeführte, obgleich gestampfte Dämme, setzen sich oft und das Pflaster wird zerstört. Entweder umgesetzt oder, wo dies nicht thunlich, vorher treppenförmige Fundamente, welche eine zusammenhängende Unterlage geben, untergemauert. (Fig. 111.) Etwas kostbar und nicht durchweg wirksam.

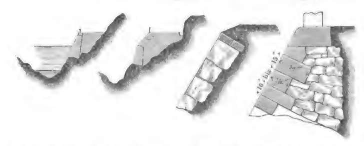
Fig. 110. Fig. 111.



Bepflanzte und mit Steinen beschüttete Böschungen genügen auch bei Eisgang und grösserer Stromgeschwindigkeit (12 Fuss pro Secunde), wenn Raum zu 3 — 4füssiger Dossirung vorhanden.

In engen Thälern: kein Raum zu Dossirungen, daher Futtermauern.

Fig. 112. Fig. 113.

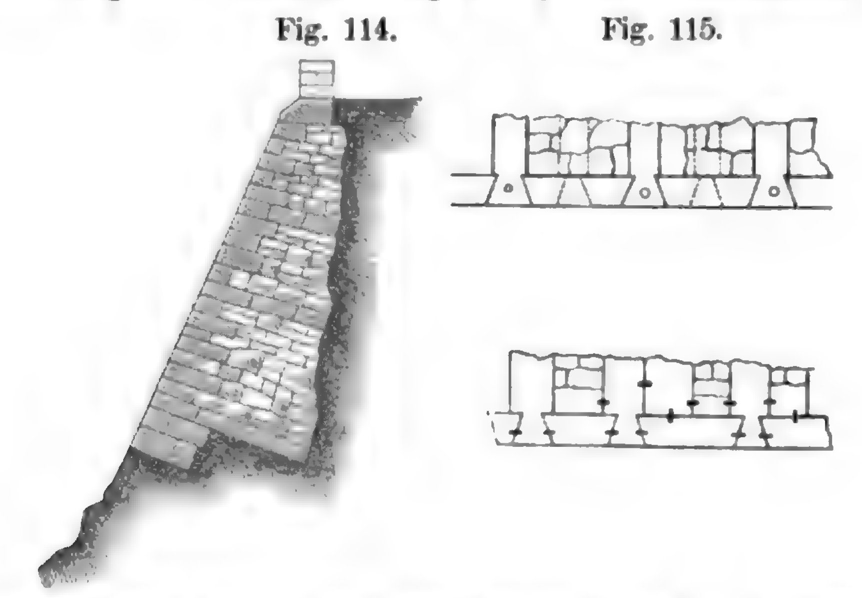


Wo geringer Andrang des Wassers: lagerhafte Bruchsteine, trocken aufgeführt, nur im Fundament ganz, bis 2 Fuss über Mittelwasser 1 Fuss tief in Mörtel, der obere Theil der Mauer auf 1 Fuss Höhe: Rollschicht in Kalkmörtel. Wenn die Bruchsteine wenigstens 2 Fuss lang, und nicht spaltig, auf hohe Kante gesetzt. — Auf alle 100 Fuss etwa 10 Fuss Mauer ganz in Mörtel, um Festpunkte zu haben. Wenn das Wasser sehr reissend (Gerölle bis

zu 1 Centner) oder nicht lagerhafte Bruchsteine: Mauer ganz in Mörtel, gut geschlossen, mit tief eingreifenden Bindern.

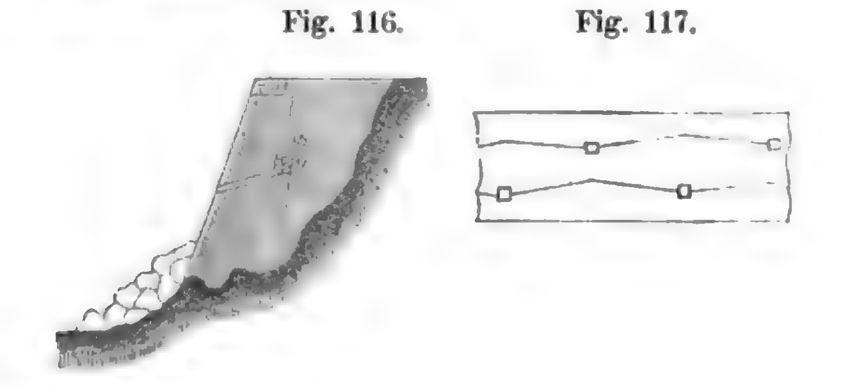
Bei sehr reissenden Gewässern, und wenn man nicht grosse Bruchsteine hat: Quaderverkleidung (Fig. 113); bei grösserer Höhe, wegen ungleichen Setzens, durchgehende Quaderschichten, auf alle 4 — 5 Fuss Höhe, langsam aufgeführt. (Fig. 114.) An sehr exponirten Stellen auch Verschränkung und Verdübbelung der Quader vorzunehmen. (Fig. 115.)

Fig. 114. Fig. 115.



Steinvorlagen gegen rollende Steine (Fig. 116), aus wenigstens so grossen Stücken, wie letztere selbst, aus dem Bachgerölle zusammengesucht. Wenn einige Fuss unter dem Boden Fels vorhanden, muss man jedenfalls diesen oder doch steinigen Grund zu erreichen suchen. Besonders bei schnell steigenden und fallenden Gewässern Wasserabzüge nicht zu vergessen, wenn Mauern in Kalkmörtel. Unterstützung des Abzugs durch Sickercanäle hinter der Mauer, längs derselben. (Fig. 117.)

Fig. 116. Fig. 117.



Beispiele von Haltbarkeit der Uferverkleidungen, Umpfenbach, pag. 110. — Ueber Stärke der Futtermauern an der betreffenden Stelle weiter unten.

(§. 31.) Bermen dienen zur Mässigung der Geschwindigkeit des an den Böschungen herabfliessenden Wassers, Ablagerung der Abspülung der Oberfläche der Dossirungen und um letztere bequemer repariren zu können. Wird

zur Sicherung der Böschungen tiefer Einschnitte die Anlegung von Bermen erforderlich, so ist, wenn die Höhe von der Grabensohle bis zur Oberkante der Böschung unter 8 Fuss, nur eine Berme ($2^1/_2$ — 2 Fuss breit) in der Höhe der Kronenkante anzulegen. Wenn die Höhe über 8 Fuss: erste Berme 6 Fuss über

Fig. 118.

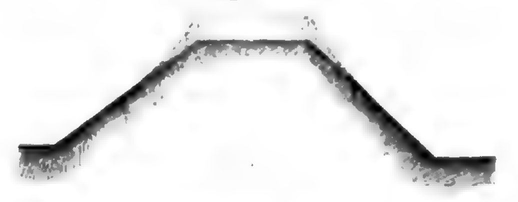


der Grabensohle, jede fernere in 6 Fuss Abstand darüber, sie folgen dem Gefälle der Strasse.

(§. 32.) In Böschungen von Dämmen wird ausser der unteren Berme, alle 10 Fuss höher eine Berme angelegt. Der Nutzen der Bermen ist häufig nur gering, weil sie nicht leicht in gutem Stande zu halten sind.

(§. 33.) Uebrigens ist das Planum in der Regel sofort vollständig herzustellen, einschliesslich der Bildung des Erdkastens für die Steinbahn. Um Sackungen der Dämme auszugleichen, genügt es häufig, den Erdkasten voll anzuschütten[1]). Möglichst das Planum einen Winter vor Legung der Steinbahn abzulagern, sonst die Lagerung durch Zuführen von Wasser, eventuell durch Stampfen zu beschleunigen. Hohe Dämme oft höher zu schütten (Fig. 119), damit nach dem Sacken das richtige Profil entstehe, oder oben breiter, damit später, ohne die Böschungen anrühren zu brauchen, aufgehöht werden könne.

Fig. 119.



B. Befestigung der Strasse.

Die Befestigung der Strasse geschieht mittelst sogenannter Steinbahnen, welche je nach ihrer Construction sich in folgende eintheilen lassen:

I. Steinschlagbahnen:

a. Steinschlagbahnen mit Steinschlag-Unterbau;

b. „ „ Packlager-Unterbau;

c. „ „ Grand-Unterbau.

[1]) Ueber Setzen von Dämmen siehe Eisenbahnbau. Das Setzen von Chausseedämmen kann man dadurch befördern, dass man eine Zeit lang die Passage über das Planum zu führen sucht, das Vieh sie passiren lässt etc.

II. Grandbahnen.

III. Pflaster von natürlichen Steinen:

a. Reihenpflaster,

b. Reihenschiebepflaster,

c. Schiebepflaster,

d. Rippenpflaster,

e. von künstlichen Steinen: Klinkerpflaster.

IV. Kiesbahnen.

V. Eisenschlacken- und Rasenerz-Bahnen etc.

Im Allgemeinen über Steinbahnen das Folgende:

(§. 36.) Die Steinbahn liegt zwischen Bankett und Sommerweg, oder wo letzterer fehlt, zwischen zwei Banketts, um stets gehörig an den Borden gestützt zu sein. Die Breite der Steinbahn (§. 37) soll nicht grösser sein, als nach Grösse und Beschaffenheit des Verkehrs, nach Beschaffenheit des Materials und dem Grundrisse des Weges (z. B. in Krümmungen) erforderlich ist. Mindestens 12, höchstens 20 Fuss.

(§. 38.) Innerhalb dieser Grenzen erhält sie grössere Breite, wenn Sommerweg nicht vorhanden.

(§. 39.) Der zur Aufnahme der Steinbahn dienende Erdkasten ist in erforderlicher Breite und Tiefe so zu bilden, dass die Steinbahn in gutem Bestande gesichert bleibt. Die Sohle des Erdkastens ist im Querschnitte: für Pflasterbahnen parallel mit der Oberfläche der Pflasterbahn, für Steinschlag- und Grandbahnen mit $^1/_6$ Zoll Pfeil auf jeden Fuss der ganzen Breite abzurunden.

(§. 40.) Der Boden des Erdkastens ist aus genügend tragkräftigem, schädlichen Einwirkungen der Nässe möglichst wenig unterworfenen Material herzustellen. Bei Moorboden durch eine Sand- oder Lehmsandschicht von 6—18 Zoll Stärke. Für sehr klaiigen Boden sind einige Zolle Sand darüber

Fig. 120.



erwünscht, wenn zu haben, sonst die Steinbahn selbst etwas stärker.

(§. 41.) Im aufgetragenen Boden ist die Sohle des Erdkastens durch Stampfen, Walzen oder in anderer geeigneter Weise zu befestigen und nach der Schablone zu ebnen. Das Abwalzen mit Chausseewalzen ist sehr zu empfehlen.

(§. 42.) In fettem, nassen Boden ist die Entwässerung des Erdkastens durch seitwärts abführende Drains oder Sickercanäle zu bewirken, sofern nicht das Planum bereits durch Drainirung trocken gelegt ist.

(§. 43.) Die Sohle des Erdkastens darf nicht durch Fahren oder Zerschla-

gen des Materials im Erdkasten zerstört werden (dafür dienen Sommerweg und Bankett). Zerstörungen der Sohle sind vor Legung der Steinbahn wieder herzustellen.

(§. 45.) Der Steinbahnkörper soll aus Material von hinreichender Festigkeit, Härte und Dauerhaftigkeit bestehen, mithin den mechanischen Angriffen und der Verwitterung ausreichenden Widerstand leisten, bei der zulässig geringsten Mächtigkeit die gehörige Tragfähigkeit besitzen, das Eindringen der Nässe von oben thunlichst verhindern und in seiner Oberfläche einen möglichst hohen Grad von Festigkeit, Ebenheit und Glätte gewähren.

(§. 46.) Ist zwischen verschiedenen Materialsorten zu wählen, von denen die eine bei Anschaffung und Verwendung weniger Kosten veranlasst, als die andere, so ist nach obigen Rücksichten, unter Beachtung der verschiedenen Eigenschaften jeder Materialsorte, nach sorgfältiger Berechnung des Nutzeffects, in jedem besonderen Falle dasjenige Material zu wählen, welches nach seiner Haltbarkeit und nach den Anschaffungs- und Verwendungskosten für Neubau und Unterhaltung, den grössten dauernden Vortheil gewährt und dem besonderen Zweck der Anlage vorzugsweise entspricht.

Wie dabei der Wagendruck und die Widerstandsfähigkeit der Materialien in Frage kommen, ist im Capitel über die zweckmässige Wahl des Materials abgehandelt.

I. Steinschlagbahnen.

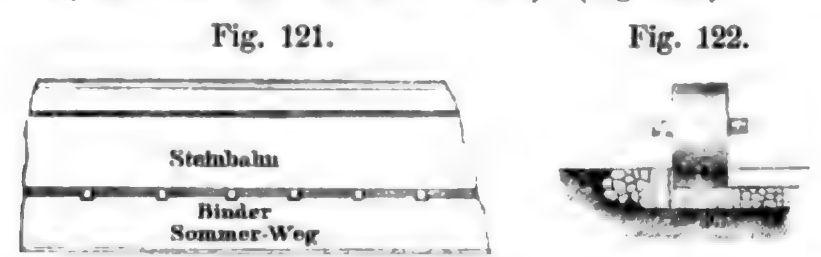
(§. 48.) Die Steinschlagbahnen sind mit Bordsteinen oder Kantensteinen[1]) einzufassen, welche dazu dienen, sie abzugrenzen, und Fix-

[1]) Folgends stehe die von den Feststellungen der Instruction abweichende Ansicht eines hannoverschen Wegbaubeamten.

In Berggegenden sollte man die Kantensteine immer fehlen lassen, namentlich bei lehmigem Boden, wie er in solchen Gegenden häufig sich befindet. Die Steinbahn durch einen dicken Stein abzugrenzen hat gar keinen Zweck; Fixpunkte für die Höhen werden aber nicht mit Sicherheit durch die Kantensteine erreicht, da letztere stets im lehmigen Boden in die Höhe treiben, sei es nun durch den aufgehenden Frost oder durch die Räder der Fuhrwerke, wenn sie die angrenzenden Theile der Steinbahn oder des Nebenweges treffen. Soll zum Schutze gegen dieses Auftreiben der Kantensteine eine Unterlage von Kies, Sand oder Steinschlag hergestellt werden, so werden die Kosten dieser Anlage so hoch, dass dafür die Steinbahn schon um 1 — 2 Fuss breiter angelegt werden kann, womit jedenfalls mehr gedient ist, als mit den besten Kantensteinen. Eine Strasse, deren Steinbahn nicht mit Kantensteinen begrenzt ist, lässt sich bei weitem besser unterhalten. Der Schlamm lässt sich reiner abziehen, der Graswuchs kann sich nicht so leicht bilden, als es bei Kantensteinen immer der Fall ist, da sich Staub und Düngstoff an denselben anlagert; und hat sich wirklich an den Seiten der Steinbahn Graswuchs gebildet, so lässt sich derselbe leichter entfernen. Auch kann man die Steinschlagdecken vollständiger sich abnutzen lassen. Ueber den Eintritt des Bedürfnisses einer neuen Deckenlegung aber kann man sich leicht auf andere und sicherere Weise Gewissheit

punkte für die Höhe zu geben. Die früher gebräuchlichen Binder (Fig. 121), um einem Fuhrwerk das Auffahren vom Sommerweg auf die Bahn zu erleichtern, sind nicht zu empfehlen, weil man auch ohne diese auffahren kann und durch Stösse die Borde gelockert werden, auch weil beim Bergabfahren sie den rasch fahrenden Wagen sehr schädlich werden können. Die glatte Seite der Bordsteine setzt man wohl nach innen, um das Walzen der Steinbahn, besonders des Unterbaues, an den Kanten zu erleichtern [1]). (Fig. 122.)

Fig. 121. Fig. 122.



Bordsteine fehlen nur, wenn solche unverhältnissmässig theuer; dann von 5⁰ zu 5⁰ in der Linie beider Steinbahnkanten, einander gegenüber, Marksteine mit den Kanten der Bahn in gleicher Höhe, gesetzt.

(§. 49.) Bordsteine aus solidem Material, was indess nicht so fest wie das der Steinbahn zu sein braucht.

(§. 50.) Mindestens so hoch, dass oben im Niveau der Strasse, unten auf der Sohle des Erdkastens aufstehend (also 6 bis 10 Zoll), höchstens 6 Zoll stark, von möglichst regelmässiger Form, auf 3 Zoll von oben in den Stossfugen schliessend.

(§. 51.) Wenn von ungleicher Dicke, die stärksten an der Seite des Sommerwegs.

---

verschaffen, als die Kantensteine gewähren, da letztere ihre regelmässige Höhenstellung doch mit der Zeit verlieren und im einen wie im andern Falle muss man doch, um sicher zu gehen, die Stärke der Steinbahn durch stellenweises Aufhauen derselben näher untersuchen.

Um übrigens einen Beleg für die Zweckmässigkeit des Weglassens der Kantensteine zu liefern, so darf auf die Strassen im Braunschweigischen verwiesen werden. Dort werden sowohl von allen älteren Strassen die Kantensteine principmässig entfernt, als auch neue Steinbahnen stets ohne Kantensteine angelegt werden. Vielleicht ist es dieser Methode zuzuschreiben, dass dort die Strassen bei geringerer Breite für den Verkehr bequemer, daneben sauberer, ordentlicher und gefälliger aussehen, als im Hannoverschen. Es muss übrigens ausdrücklich bemerkt werden, dass hier nur von Strassen in Berggegenden die Rede ist.

[1]) Abweichend von dieser Instruction ziehen Andere vor, die glatte Seite der Bordsteine nach aussen zu kehren, weil dies zur Abgrenzung und Erhaltung einer genauen Richtungslinie besser ist, und weil die Fuhrwerke bei Benutzung der Steinbahn an der glatten Seite der Bordsteine leichter Gleise bilden, als wenn die glatte Seite nach aussen gekehrt wird und die Bordsteine eine um etwas verschiedene Stärke haben.

(§. 52.) In unzuverlässigem Boden (besonders in Einschnitten, thonigem, weichen Boden, in Waldungen etc.) zum Schutz gegen Auffrieren, in Unterlagen von geeignetem Material (Kies, Sand, Steinschutt: durchlässig), zu setzen.

(§. 53.) Gut lothrecht (weil sonst Umkippen beim Gegenfahren und beim Walzen) zu setzen, fest im Grunde, auf beiden Seiten gut hinterstampft; an der Sommerwegseite, wenn nicht zu theuer, mit einem Steinschlagstreifen bis unten an den Bordstein zu hinterschlagen. (Vergleiche Fig. 122.)

(§. 54.) Material zum Steinschlag. Zum Steinschlag, namentlich zur Decke, ist dasjenige Material vorzugsweise zu benutzen, welches die grösste und gleichmässigste Festigkeit, Härte, Zähigkeit und Dauerhaftigkeit besitzt, keine Poren und Risse hat wo hinein Wasser dringt, welches würfelförmigen und körnigen Steinschlag liefert, sich am vollkommensten verbindet und in der Oberfläche abglättet, im zerriebenen, zerdrückten oder zersetzten Zustande weder einen klebrigen, noch sandigen, sondern kittenden, erhärtenden und abglättenden Stoff bildet. Frachtstrassen erfordern das härteste Material; Reisestrassen ein genügend festes, aber auch bequeme Bahnen lieferndes.

(§. 55.) Die Stärke oder Mächtigkeit der Steinschlagbahn hängt ab: von der Beschaffenheit des Untergrundes (ob fest oder nachgiebig — Durchbrüche —), und des Besteinungsmaterials (ob rasch oder langsam abnutzend) von der Lage des Weges (ob trocken oder feucht, Waldboden etc.) und von dem zu erwartenden Verkehr. Sie soll im consolidirten Zustande (gewalzt), an den Kantensteinen mindestens 6 Zoll, höchstens 10 Zoll betragen.

In einer festen Steinschlagdecke ist das $1\frac{1}{2}$fache ihres Inhalts an Steinschlagmaterial enthalten. Ein Faden (1024 Cubikfuss) Bruchsteine enthält, je nach dem mehr oder minder sorgfältig geschehenen Aufruthen und nach der Lagerhaftigkeit der Steine, 0,54 bis 0,66 an festem Steinmaterial, im Mittel also 0,60 [1]) und ein Cubikfuss Steinschlag 0,5 Cubikfuss festes Material. Ein Cubikfuss fester, consolidirter Bahn enthält aber 0,8 bis 0,84 festes Material, und sind also 20 — 16 Proc. Zwischenräume durch Bindematerial auszufüllen. Zu einem Faden consolidirter Bahn gehören mithin durchschnittlich $\frac{0{,}82}{0{,}6} = 1{,}37$ Faden Bruchsteine und $\frac{0{,}82}{0{,}5} = 1{,}64$ Faden Steinschlag, und ein Faden Bruchsteine gäbe $\frac{0{,}6}{0{,}5} = 1\frac{1}{5}$ Faden Steinschlag. Bei Veranschlagungen pflegt man zu einem Faden consolidirter Bahn $1\frac{1}{2}$ Faden Bruchsteine zu rechnen, was also reichlich ist, da im Mittel nach dem Obigen nur 1,37 Faden erforderlich sind.

(§. 56.) Wölbung der Steinschlagbahnen. Nach der Kreislinie, um

[1]) Ueber die Grösse der leeren Zwischenräume im gehäuften lockern Steinschlage und in Steinschüttungen anderer Art, Bokelberg, Zeitschrift des Hannoverschen Arch.- u. Ing.-Vereins. Bd. II. 1856. pag. 225.

so stärker, je weniger Längsgefälle. Wenn die Strasse horizontal $^5/_{12}$ Zoll Pfeil auf jeden Fuss der Breite, bei eingeschlossener, nasser und schattiger Lage. Grössere Wölbung befördert das Einfahren von Gleisen und wird dadurch für Strasse und Fuhrwerk schädlich. In wenig geneigter Lage: $^1/_3$ Zoll, bei $^1/_{36}$ und darüber: $^1/_4$ Zoll auf jeden Fuss der Breite. Auf Steinbahnen von weniger als 12 Fuss Breite ist geringere Wölbung zulässig, besser korbbogenartig [1]).

(§. 57.) Bestandtheile der Steinschlagbahn. In der Regel ist sie im Ober- und Unterbau aus Steinschlag herzustellen, weil die macadamisirte Strasse in der Unterhaltung besser, als eine Strasse mit Packlage, deren Abnutzung in der Decke um so rascher fortschreitet, je dünner letztere wird. Bei Mac Adam gleichmässige Abnutzung.

(§. 58.) Ist aber das zum Unterbau zu verwendende Material so weich, dass es bei der Zerkleinerung nicht ausreichende Widerstandsfähigkeit behält, so muss der Unterbau durch ein Packlager gebildet werden. Die Bildung des Unterbaues durch Packlager von härterem Material ist nur zulässig, wenn auf der Strasse nur Verkehr mit leichterem Fuhrwerk zu erwarten ist und Kostenersparung dadurch erzielt wird [2]).

(§. 59.) Der Unterbau einer Steinschlagbahn darf durch Grand gebildet werden, wenn dadurch Kostenersparung bewirkt und die Haltbarkeit der Steinbahn nicht gefährdet wird.

(§. 60.) Zur Decklage ist ein und dasselbe Material zu verwenden, ausnahmsweise darf verschiedenartiges Gestein, jedoch von gleicher Dauerhaftigkeit und Festigkeit gemischt verwandt werden. (Bei ungleich harten Materialien: ungleichartige Abnutzung und nicht glatte Bahn.)

(§. 61.) Der Steinschlag der Decke darf erst dann auf den Unterbau gebracht werden, nachdem er sorgfältig ausgeharkt und gesiebt ist, und das ausgeschiedene Grus wird zu besonderem Gebrauche aufbewahrt (z. B. beim Walzen, beim Versetzen der Bordsteine etc.).

Das Ausharken geschieht, indem beim Verbauen der Steinschlag in Mollen geharkt wird, wobei kleine Splitter und Schmutz zurückbleiben. Das Sieben

[1]) Korbbogenartige Wölbungen haben sich bei 10 Fuss und 12 Fuss breiten Kiesel-Steinpflastern besonders gut bewährt.

Der Korbbogen ist wegen seiner Form in der Mitte dem Fuhrwerke angenehmer und zusagender und auf den schmalen Steinbahnen daher empfehlenswerther, da das Zugvieh nicht so sehr den Mittelstrich derselben einzuhalten pflegt, weil es ihn nicht leicht bemerken kann, und es bilden sich daher nicht so leicht Spuren wie auf Strassen, die nach dem Kreisbogen gewölbt sind, oder einen Rücken in der Mitte haben, der für schmale Strassen am wenigsten passt.

[2]) Einige ziehen dennoch Unterlager von Raseneisenstein, Ziegelbrocken u. dgl. bei einer der Festigkeit dieser Materialien entsprechenden Zerkleinerung, jeder Packlage vor.

geschieht mittelst Doppelsieben. Die vertikal laufenden Drähte dürfen durch keine Querriegel unterstützt werden, und müssen die Siebe mit geringer Neigung aufgestellt werden, weil sonst der scharfe Steinschlag sich leicht zwischen den Drähten aufhängt. Das Sieben hat weniger den Zweck, den Steinschlag zu reinigen, als ihn zu sortiren, um Material von möglichst gleichem Korn zu erhalten.

a. Steinschlagbahnen mit Steinschlag-Unterbau.

(§. 62.) In den unteren Steinschlaglagen ist ein weicheres Material zu verwenden, als zur oberen Decke, sobald dadurch Kosten erspart werden, und soweit die Haltbarkeit der Strasse nicht dadurch leidet.

(§. 63.) Der Steinschlag zum Unterbau ist im Korn stärker, als der zum Oberbau, jedoch das einzelne Korn nicht stärker als 8 Cubikzoll (2 Zoll Seite, Würfel) für Material von mindestens 8000 Pfund Festigkeit pro Cubikzoll, und höchstens 27 Cubikzoll (3 Zoll Seite) für weicheres Material.

Der Steinschlag zur Decklage erhält im Korn eine Stärke von 2 bis 8 Cubikzoll (Würfel von $1^1/_4$ bis 2 Zoll Seite), je nach der Härte des Materials und dem Gewichte des zu erwartenden Fuhrwerks. Nie feiner, als die gehörige Bindung desselben und Glättung der Bahn dies erfordert.

(§. 64.) Die einzelnen Stücke des Steinschlags möglichst von gleicher Grösse und der Würfelform sich nähernd. Bildung von Grus und Splitter thunlichst zu vermeiden [1]).

(§. 65.) Die Steinschläger erhalten hölzerne Würfel als Muster des zu bildenden Korns. Anfertigung des Steinschlags sorgfältig zu überwachen und geübte Steinschläger heranzubilden.

(§. 66.) Die Mächtigkeit des Unterbaues bestimmt sich nach: der Beschaffenheit des Materials, der Stärke des Steinbahnkörpers, den Kosten des zum Decklager zu verwendenden Materials und nach dem zu erwartenden Fuhrverkehre.

(§. 67.) Werden Ober- und Unterbau aus demselben Material, oder aus verschiedenartigen Materialien von gleichen Kosten hergestellt, so darf der Unterbau nur bis 3 Zoll unter der Oberkante der Bordsteine heraufreichen und in der Mitte der Bahn nicht mächtiger sein, als an den Seiten.

(§. 68.) Ist festeres Deckmaterial nicht erheblich theurer, als Gestein zum Unterbau, erhält die Decklage in der Mitte mindestens 4 Zoll Stärke, an den Kantensteinen mindestens eine volle Schicht (also $^5/_4$ — $1^1/_2$ Zoll stark).

(§. 69.) Nur bei leichtem Fuhrwerk und sehr festem Deckmaterial und

---

[1]) Steinschlag zum Chausseebau durch Steinbrechmaschinen herzustellen hat bislang noch nicht gelingen wollen, da die Form der Stücke nicht dem Würfel genügend annähernd zu erzielen war, sonst würde die Anwendung von Maschinen grosse Vortheile haben, wenn man solche in den Steinbrüchen aufstellte.

wenn dessen Anschaffungs- und Verwendungskosten sehr erheblich sind, kann die Stärke in der Mitte bis auf 2 Zoll ermässigt werden.

(§. 70.) Ist das Unterbau-Material von sehr geringer Güte, erheblich festeres Material ohne grossen Aufwand herbeizuschaffen, das festeste Material sehr theuer, so kann vom Zweiten eine Mitteldecke zwischen Unterbau und Decklage von 2 — 3 Zoll stark gebildet werden. Der Unterbau wird dann entsprechend schwächer.

(§. 71.) Unter den Voraussetzungen der §§. 68 und 69 darf die Herstellung der Decke aus dem festesten Gestein auf einen 12 Fuss breiten Streifen in der Mitte der Bahn beschränkt werden, wenn das Material zur Mitteldecke auch zur Herstellung einer guten Bahn tauglich. Auf 14 Fuss breiten Bahnen ist ein 10 Fuss breiter Streifen genügend.

(§. 72.) Jede Steinlage einer ganz aus Steinschlag hergestellten Bahn (Grundlage, Mittellage, Decke) ist für sich zu walzen.

b. Steinschlagbahnen mit Packlager-Unterbau [1]).

(§. 73.) Das Packlager darf nie höher sein, als 6 Zoll (in gleicher Stärke), im Uebrigen der Mächtigkeit des Steinbahnkörpers (§. 55) entsprechend. Die Decklage darf an den Kantensteinen nicht schwächer sein als 2 Zoll.

(§. 74.) Es ist aus grösseren Steinstücken in gutem Verband so zusammen zu setzen, dass die breite Fläche des Steines aufsteht, die Spitze nach oben; jedes Steinstück für sich freistehend, nicht anlehnend.

Hierzu eignen sich besonders Steine, welche pyramidal sich zerschlagen lassen; die Grundfläche in der Seite etwa bis 4 Zoll, kleiner als die Höhe, welche etwa 4 — 6 Zoll.

(§. 75.) Zwischenräume in der Oberfläche des Packlagers mit Zwickern ausgefüllt, die grösseren Steine werden mit langstieligen Hämmern soweit zerschlagen, dass sich nicht breite Flächen mehr zeigen, vielmehr die Oberfläche des Packlagers als scharf zusammengekeilte Steinschlagmasse erscheint.

(§. 76.) Dichtung des Packlagers mit der Walze, wenn nicht erforderlich, doch sehr erwünscht. Vor der Walzung mit Steinschlagdecke von etwa eines Kornes Dicke überdeckt.

c. Steinschlagbahnen mit Grand-Unterbau.

(§. 77.) Stärke des Grand-Unterbaues $^5/_{12}$ — $^7/_{12}$ der ganzen Stärke der Steinbahn. (§. 78.) Das Korn des zum Unterbau dienenden Grandes muss mindestens $^1/_4$ Zoll Durchmesser haben, und Stücke, welche so stark sind, dass

[1]) Packlager werden von Einigen gänzlich verworfen, da sie erfahrungsmässig, selbst bei der besten Ausführung, ungleichem Setzen und Nachgeben unterworfen sind und die Abnutzung der Decke immer stärker ist. Erfahrungsmässig halten die Steinbahnen sich desshalb besser, weil der Unterbau einen gewissen Grad von gleichmässiger Nachgiebigkeit besitzt und diese geht bei Packlager fast ganz verloren.

Steinschlag zum Deckenbau daraus gebildet werden kann (§. 63), sind auszusondern.

(§. 79.) Der Grand-Unterbau ist zu walzen, wenn ein mit den Kosten in Verhältniss stehender Vortheil davon zu erwarten ist.

(§. 80.) Uebrigens finden die Bestimmungen der §§. 61, 69, 70, 71 auch auf Steinschlagbahnen Anwendung, deren Unterbau durch Packlager oder durch Grand gebildet wird. — Grand-Unterbau kann auch für Strassen mit schwerem Fuhrwerk zulässig sein, doch ist Steinschlag-Unterbau vorzüglicher, weil ersterer leichter durch Frost gelockert wird.

II. Grandbahnen.

Wie früher bemerkt (§. 141) nur für leichten Verkehr.

(§. 81.) Grandbahnen nach Beschaffenheit des Materials und des Untergrundes $^1/_4$ — $^1/_3$ stärker, als (§. 55) für Steinschlagbahnen vorgeschrieben ist. 6 Zoll am Kantenstein: ein unter besonderen Umständen zulässiges Minimum.

(§. 82.) Der brauchbarste Grand: unter sonst gleichen Verhältnissen derjenige, welcher in der Grösse und Festigkeit des Korns am gleichmässigsten, und dessen mittleres Korn dem nöthigen Grade der Festigkeit am meisten entspricht. Das Korn mindestens $^1/_4$ Zoll Durchmesser.

(§. 83.) Wenn der Grand sehr theuer, darf zum Unterbau anderes, geeignetes Material verwandt werden. Ein Packlager darf dabei nicht stärker sein als 4 Zoll, weil sonst die Granddecke zu schwach würde, indem nämlich vorausgesetzt ist, dass die grössere Stärke des Unterbaues von der Stärke der Granddecke abgeht. Eine zu schwache Granddecke würde bei Frostaufgang oder feuchter Witterung leicht durchgefahren werden [1]).

(§. 84.) Wölbung der Grandbahnen wie bei den Steinschlagbahnen.

(§. 85.) Ist eine genügende Menge grösserer Grandkörper ausgesondert (§. 78), um längere Decken von mindestens $2^1/_2$ Zoll Stärke in der Mitte und $1^1/_2$ Zoll Stärke an den Kanten zu bilden, und lässt sich voraussetzen, dass auch solche auf die Dauer zur Unterhaltung zu gewinnen, so sind die ausgesonderten Grandkörper zu Steinschlag zu zerkleinern und ist davon eine möglichst lange Decke zu bilden.

Genügt die ausgesonderte Menge nicht hierzu, so sind die grösseren Stücke bis zur Feinheit des mittleren Grandkorns zu zerschlagen und unter den Grand zu vertheilen.

(§. 86.) Grandbahnen in zwei Schichten zu walzen. Bei 6 Zoll Höhe am Bordstein genügt Walzung in einer Schicht.

---

[1]) Man kann auch die weiter unten zu erwähnenden Bahnen vom Rasenerz (Ortstein) anlegen und solche später mit einer Steinschlagdecke versehen.

III. Pflasterbahnen von natürlichen Steinen.

(§. 87.) Allgemeines. In den Erdkasten ist eine Unterbettung von feinem Grand, Kies, oder grobkörnigem, durchlassenden, die Feuchtigkeit nicht anziehenden Sand zu bringen, falls nicht der natürliche oder künstliche Untergrund aus solchem Material besteht. (§. 88.) Unterbettung zu jeder Seite 6 Zoll über die Breite des Pflasters hinaus und je nach Beschaffenheit des Untergrundes, wie des Unterbettungs-Materials, 9 — 18 Zoll stark. — (§. 89.) Die Unterbettung durch Stampfen, Rammen oder Walzen zu dichten, wenn sie nicht ohnehin genügende Festigkeit besitzt.

(§. 90.) Bei Ermangelung an natürlicher Feuchtigkeit, während des Dichtungsverfahrens genügend zu nässen. — Möglichst vollkommene Austrocknung des Untergrundes.

(§. 91.) Material zum Pflaster: Dasjenige, welches beim nöthigen Grade der Festigkeit und Dauerhaftigkeit die grösste Härte besitzt und sich am leichtesten zu regelmässigen Körpern verarbeiten lässt.

(§. 92.) Gestein, welches durch seine Glätte die Passage gefährdet, darf zur Pflasterung stark geneigter Bahnen nicht benutzt werden. Materialien nach der Reihenfolge, die Besten voran: Gabbro; Basalt, meistens geringe Unebenheiten in der Kopffläche und desshalb glatt, Form der Kopffläche meistens quadratisch, weniger die günstigere Form des Oblongums; Grünstein giebt ein vortreffliches Pflaster, ist aber weniger hart. Fester Sandstein (z. B. Kohlensandstein aus Osnabrück) sehr brauchbar zur Pflasterung, wird nie sehr glatt. Bei Strassen mit leichtem Verkehr kann man Sandstein bis zu 4000 Pfund Zerdrückungsfestigkeit pro Quadratzoll herunter, gebrauchen; die Steine müssen dann etwas grösser als gewöhnlich genommen und gut bearbeitet werden. Kalksteine sind zu Pflasterungen am wenigsten tauglich, sie werden zu glatt und spalten leicht bei der Rammung.

(§. 93.) Stellung der Pfastersteine. Normal zur Bahnoberfläche, ihre Kopffläche mit der Bahnoberfläche zusammenfallend. Die Länge nach der Breite der Bahn gerichtet, guter Fugenverband nach der Länge der Bahn. Schädliches Anlehnen der Steine an benachbarte zu vermeiden.

(§. 94.) Die Wölbung der Pflasterbahn, wo deren Borde gegen einander in der Horizontalen liegen, nach der Kreislinie, $^1/_4$ — $^1/_3$ Zoll auf jeden Fuss der Breite.

a. Reihenpflaster.

(§. 95.) Reihenpflaster stets zu legen, wo nur die Mittel zur Herbeischaffung von entsprechendem Material ausreichen.

(§. 96.) Form der Pflastersteine zum Reihenpflaster. Am besten parallelepipedisch, von 4 Zoll Breite, 8 Zoll Länge und 6 Zoll Höhe.

Eine gute Form ist etwa $l = 1\frac{1}{2}$ bis 2 b, z. B.

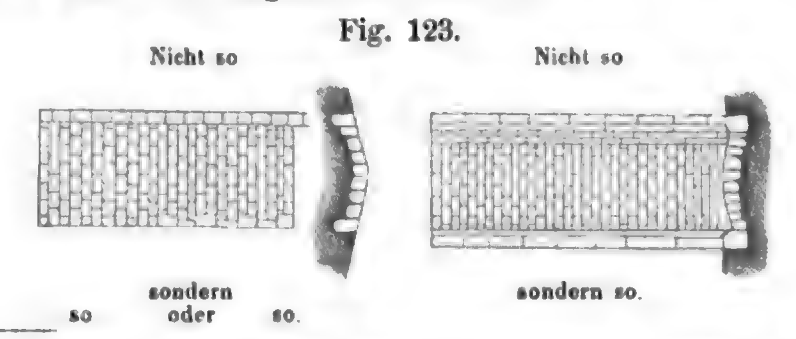
$$b = 3'' - 6''$$
$$l = 5'' - 12''$$
$$h = 6'' - 8''.$$

Bei weichem Sandstein kann man in der Breite bis zu 10 Zoll gehen. In Triest soll man Pflastersteine in der Breite von 1 Fuss anwenden, bei welchen die entstehenden Unebenheiten alljährlich abcharrirt werden.

(§. 97.) Abgestumpfte pyramidale Form, wenn vorstehende zu theuer. Verjüngung erst 1 — 2 Zoll unter Kopffläche beginnend. Fussfläche in der Regel nur $\frac{1}{3}$ kleiner als die Kopffläche. Die Höhe der Steine höchstens 9 Zoll, mindestens 6 Zoll; für sehr festes Gestein ausnahmsweise 5 Zoll. Die Breite in der Kopffläche: höchstens 6 Zoll, mindestens 3 Zoll. Die Länge höchstens 12 Zoll, mindestens 4 Zoll [1]).

(§. 98.) Bordsteine dürfen im Querschnitt der Strasse höchstens 12 Zoll Breite haben und an ihrer inneren Seite keine durchlaufenden Längsfugen bilden (Fig. 123), weil diese bald ausgeschliffen werden.

Fig. 123.



[1]) In Ostfriesland (Meppen) gebräuchliche Maassen. Muss man bei Reihenpflasterung dort Steine von abgestumpft pyramidaler Form anwenden, so werden sie in ihrer grössten Länge nur zu 8 Zoll und in der geringsten zu 5 Zoll, in der Dicke zu mindestens 3 Zoll und höchstens 5 Zoll, weil grössere Dimensionen in der Kopffläche kein so gutes Pflaster abgeben, in der Höhe zu mindestens 6 Zoll und höchstens 8 Zoll genommen. Eine grössere Länge als von 10 bis 12 Zoll sollte man niemals zulassen, denn im Verhältniss ihrer Höhe kippen zu lange Steine zu leicht, wenn sie von dem Rade des Fuhrwerks an einem Ende berührt oder gedrückt werden, in die Höhe.

Zum Rammen des Pflasters sind dort nur die gewöhnlichen kleinen 1männigen Pflasterrammen gebräuchlich, die unten etwa 6 — 8' Durchmesser halten. Die dortigen und die holländischen Steinsetzer arbeiten damit am besten, es lassen sich mit ihnen die Steine einzeln besser rammen, sie geben einen egaleren Schlag und sind den Erfordernissen nach mehr in der Gewalt des Mannes und lässt sich daher die Pflasterung auch ebner damit rammen, als mit den grösseren vier- und mehrmännigen Rammen, die sich nicht so gut und gleichmässig regieren lassen.

Dort angestellte Versuche haben dies wenigstens unter verschiedenen Umständen erwiesen.

Casseler Steinsetzer, welche dort auch gearbeitet haben, hatten Rammen von nur 4 bis 5 Zoll Durchmesser und rammten so zu sagen jeden einzelnen Stein für sich, wobei sie eine egale, ebene Bahnfläche lieferten.

(§. 99.) Gossen; wo in Städten und geschlossenen Orten auf Wasserabzug Gewicht zu legen und die Strasse ein erhöhtes Bord hat, kann die Sohle der Gosse eine Horizontale in der Breitenrichtung der Strasse bilden. Eine scharfe Gosse ist besser. Gefälle mindestens bei rauhen Bruchsteinen oder Wacken $^1/_{144}$, bei glatten Bruchsteinen $^1/_{288}$ bis $^1/_{200}$, bei gut versetzten Klinkern und Werkstücken $^1/_{500}$ bis $^1/_{600}$. Wenn die Strasse nicht dies Gefälle hat, lässt man die Gossen steigen und fallen und macht am tiefsten Punkte Abzüge. Das Quergefälle der Strasse ist dann variabel, an den Abzügen am grössten. Bei städtischen Pflasterungen werden die Steine, welche die Gosse bilden sollen, gleich in die richtige Höhe gestellt. Bei der Rammung des übrigen Pflasters erreichen dann die Gossensteine hinreichend festen Stand. Dies Verfahren hat darin seinen Grund, dass bei der Rammung leicht das richtige Gefälle der Gosse verloren gehen, oder doch Unregelmässigkeiten entstehen könnten; ferner weil bei erhöhten Bordsteinen die Gossensteine mit der Ramme nicht gut zu treffen sind und auch weil die Ueberhöhung der zu rammenden Steine sich auf $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll vorher nicht zutreffend angeben lässt [1]).

[1]) Die Breite des Trottoirs richtet sich nach der Frequenz; gewöhnlich schwankt sie zwischen 4 bis 10 Fuss; ein Mittelwerth ist $^1/_5$ der ganzen Strassenbreite für jedes Trottoir in Städten. Es wird mit Steinplatten, Asphalt oder Klinkern etc. abgedeckt, und erhält nach der Gosse ein Gefälle von $^1/_4$ bis $^1/_3$ Zoll auf den laufenden Fuss der Breite; nach Einigen soll das Gefälle der Gossen bei gut behauenen Steinen und Spülung wenigstens $^1/_{300}$ betragen, bei weniger gut bearbeiteten Steinen und keiner Spülung $^1/_{200}$.

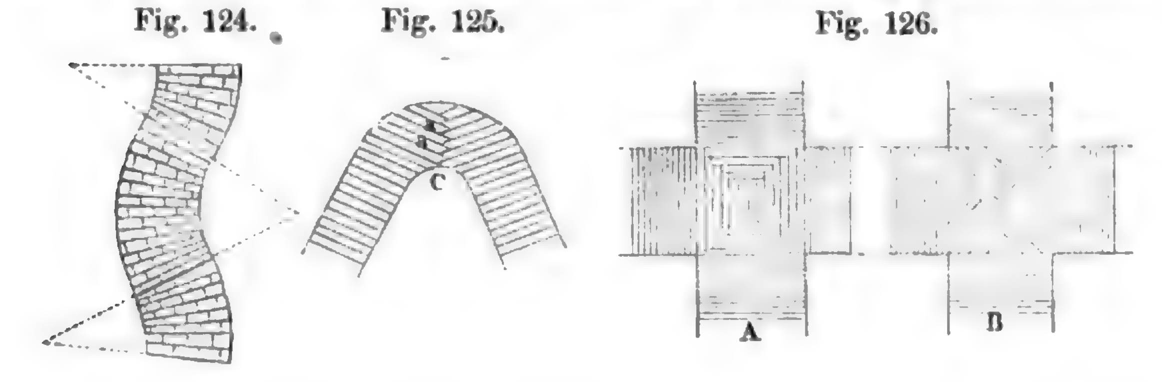
Die Breite der Trottoirs in Paris, wie solche vorgeschrieben, ist wie nachstehend. In der unten angegebenen Quelle findet sich das Regulativ über Anlage von Trottoirs in Paris überhaupt angegeben.

Breite der ganzen Strasse. Meter.	Breite des befestigten Weges (Steinbahn, Pflaster). Meter.	Breite eines jeden Trottoirs. Meter.
3,50	2,00	0,75
5,00	3,50	0,75
8,00	5,00	1,50
10,00	6,60	1,70
12,00	7,20	2,40
14,00	8,40	2,80
15,00	9,00	3,00
17,00	10,20	3,40
18,00	10,80	3,60
19,00	11,40	3,80
20,00	12,00	4,00
und darüber.	wenigstens.	höchstens.

Vergl. Oppermann Nouv. Ann. de la constr. VIII. 1862. März. Die zulässige

(§. 101.) **Stellung der Pflastersteine.** In Reihen, welche normal gegen die Bahn laufen, (§. 102) in Curven in radialer Richtung, wonach die Steine zu sortiren und zu stellen. (Fig. 124.) (§. 103.) Bei stark gekrümmten oder im Winkel zusammenstossenden Strassen, wo dies nicht mehr angeht, mit richtigem Verband in der Gehrung zusammenzusetzen. (Fig. 125.) A ist besser als B (Fig. 126), weil die Steine bei B zum Theil auf Gehrung gehauen werden

Fig. 124. Fig. 125. Fig. 126.



müssen, was im Uebrigen immer geschehen muss, wenn die Strassen sich nicht rechtwinkelig kreuzen, z. B. bei C (Fig. 125) die Kopfflächen a. a.

(§. 104.) Sind die Steine von verschiedener Breite, so sind sie zu sortiren und in möglichst langen Abtheilungen zusammenzustellen. Auch ist ein erheblicher Unterschied in der Breite zusammenstehender Reihen zu vermeiden. (Um gleiche Tragfähigkeit der einzelnen Steine und einzelnen Reihen zu erreichen, wodurch

---

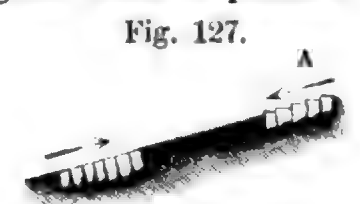
Höhe der Häuser ist in den meisten städtischen Bauordnungen gleich der gesammten Breite der Strasse, so dass kein Theil des Daches in eine unter 45° von der gegenüberliegenden Strassenkante gedachte Linie treffen darf. (Vergleiche Förster 1862. Strassenbauten und Häuserhöhen in Paris.)

Die Hauptstrassen in Madrid sollen 30ᵐ breit werden mit mittlerem 16ᵐ breitem Fahrweg, zu jeder Seite des letzteren ist ein 3ᵐ breiter etwas erhöhter Pfad für Wasserträger, Lastträger etc. projectirt. Die an jeder Seite noch übrigen 3ᵐ Breite sollen als Trottoirs für Fussgänger dienen. Die einzelnen Wege werden durch Quaderpfeiler getrennt, die neben dem Fahrweg mit Bäumen, zwischen den Fusswegen mit Laternenpfählen abwechseln. Die weniger wichtigen Strassen bekommen 20ᵐ Breite, 10ᵐ breiten Fahrweg und zu jeder Seite desselben doppelte Fusswege von je 2ᵐ,5. Die geringste Strassenbreite ist zu 15ᵐ festgesetzt, wovon 9ᵐ auf den Fahrweg und 3ᵐ auf jeden der beiden einfachen Fusswege kommen. Die engsten Strassen erhalten hiernach 2, die übrigen 4 Baumreihen. Das Längengefälle der Strassen ist nirgends stärker als 1 : 500, obschon das Terrain bedeutende Niveaudifferenzen darbietet. Die Kreuzungspunkte zweier Strassen liegen horizontal. Die Fahrwege sollen theils gepflastert, theils macadamisirt, die Trottoirs asphaltirt werden. Die Fusswege für die Lastträger sollen aus Ziegelsteinschlag, gemischt mit Sand, hergestellt, gewalzt und mit einer Schicht groben Kieses überdeckt werden. Die Herstellung von Gärten, freien Plätzen, kleinen Parkanlagen etc. ist vorgesehen. Zu letzteren werden namentlich Flächen gewählt, welche bedeutende Niveau-Differenzen aufweisen. (Aus Revista de obras publicas durch Zeitschr. des hann. Arch.- und Ing.-Vereins. 1861. pag. 334. Erweiterung von Madrid.)

locale Senkungen vermieden werden). — (§. 106.) Eben so ist (aus gleichem Grunde) thunlichst zu vermeiden, dass Steine verschiedener Höhe neben einander gestellt werden.

(§. 105.) Stärker geneigte Strassenstrecken sind aufwärts steigend und mit Steinen von geringerer Breite zu pflastern. (Fig. 127.)

Fig. 127.



Ersteres, um die Steine dicht aneinander stellen zu können, und weil sonst leicht wie bei A gestellte Steine beim Rammen umkippen, lose werden und dann grosse Fugen bilden könnten. Kleine Steine, weil mehr Angriff und feste Stellung der Pferdehufe wegen vermehrter Fugen.

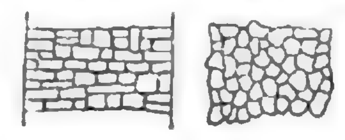
(§. 107.) Ausführung des Pflasters. Jeder Stein fest zu unterstopfen, in den Stossfugen gehörig mit Sand zu speisen und an die bereits gesetzten Steine so dicht wie möglich anzutreiben.

(§. 108.) Das Pflaster hinreichend, (etwa 2 bis 3 Zoll, je nachdem die Bettung bereits mehr oder weniger gedichtet ist,) überhöht zu setzen und bei sorgfältigem Einspülen von Sand bis zur völligen Festigkeit nach der Schablone zu rammen, geeigneten Falls auch schliesslich zu walzen. (§. 109.) Werden Steine beim Rammen zersprengt, so sind sie durch andere zu ersetzen; versenkte Steine sind herauszuheben und in die richtige Lage zu bringen. (§. 110.) Das fertige Pflaster ist mit einer bis zu $1/2$ Zoll starken Kiesdecke zu versehen, weil diese alle Fugen und Vertiefungen füllt, die Benutzung angenehmer macht, und gleichzeitig schützend und erhaltend wirkt.

b. Reihenschiebepflaster.

(§. 111.) Reihenschiebepflaster ist zu bilden, wenn Pflastersteine von vollkommen regelmässiger Form nicht verfügbar. Soll sich dem Reihenpflaster möglichst nähern, doch dürfen die einzelnen Reihen in einander greifen. (Fig. 128.)

Fig. 128. Fig. 129.



c. Schiebepflaster.

(§. 112.) Schiebepflaster, wenn die Gleichmässigkeit der verfügbaren Steine in Grösse und Form noch weiter abnimmt. (Fig. 129.)

(§. 113.) Kopffläche der Steine nicht mehr als 46 Quadr. Zoll, und in keiner Richtung mehr als 9 Zoll und weniger als 2 Zoll messend.

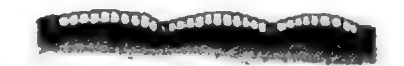
(§. 114.) Setzen der Steine. Einzelne Steine möglichst dicht schliessend,

dürfen sich an der Oberfläche in den Stossfugen nicht in sehr scharfen Kanten berühren. (§. 115.) Auf schmalen Bahnen, die besseren Steine für die vorzugsweise dem Fuhrwerk (den Rädern) ausgesetzten Breitentheile, die kleineren in der Mitte. Zu den Borden die grössten Steine ausgesucht.

d. Rippenpflaster.

Eine mangelhafte Construction (Fig. 130), die auf der Idee beruht, dass

Fig. 130.



durch einzelne Querrippen, zwischen denen der Länge der Strasse nach gewölbartig Steine gestellt werden, beim Niederrammen des Ganzen mehr Spannung entstehe. Sind, wie es eigentlich in der Idee liegt, die Rippensteine grösser als die übrigen, so ist schwer, eben zu rammen, und die Steine setzen sich ungleichmässig. Sind sie eben so gross, wie die übrigen, so ist dies Pflaster nur in der Herstellung von dem vorigen verschieden, im Wesentlichen dasselbe. Einige verwerfen dasselbe ganz und sind der Ansicht, dass was den Kostenpunkt anbetrifft, man die Band- oder Rippensteine zum Schiebepflaster und die Banksteine oder den Einschlag zur Herstellung von Steinschlagbahnen eben so vortheilhaft verwenden könne.

Rippenpflaster ist nur in besonderen Fällen, (z. B. wenn man etwa glauben sollte, dass man wegen sehr geringer Grösse der Pflastersteine eine Verstärkung gegen das Verschieben derselben herstellen müsste,) und auch nur dann zulässig, wenn die verfügbaren Steine sehr verschiedene Grösse oder sehr mangelhafte Form haben, oder wenn die Steine zwar zum Schiebepflaster sich eignen, aber das Unterbettungsmaterial sehr leicht beweglich ist, (z. B. bei einer schwachen Sandbettung auf moorigem Untergrunde). (§. 117.) Die Rippensteine sollen mit den Banksteinen gleiche Grösse haben, jedenfalls nicht erheblich grösser sein. (§. 118.) Rippen in Abständen von 1 bis $1^1/_2$ Fuss von Mitte zu Mitte, quer über die Bahn (§. 119.) fest einzusetzen, gut zu unterstopfen und mit dem Hammer so einzuschlagen, dass sie sofort die normale Höhe nach der Schablone erhalten.

(§. 120.) Die Banksteine sind gegen die Rippen überhöht, in der Längenrichtung der Bahn etwas gewölbt zu setzen, und bis auf die Höhe der Rippen nieder zu rammen. Wenn dann nöthige Festigkeit noch nicht erreicht, ist das Rammen fortzusetzen und auch auf die Rippen auszudehnen.

(§. 121.) Uebrigens finden, sofern im Vorstehenden nicht abweichende Bestimmungen getroffen, die für Reihenpflaster enthaltenen Vorschriften, auf Reihenschiebe-, Schiebe- und Rippenpflaster, sinngemäss Anwendung [1]).

---

[1]) Die im Meppenschen, in Ostfriesland, vorhandenen und vorkommenden Mate-

e. Pflaster von künstlichen Steinen:

Klinkerpflaster.

In den Niederlanden ausgedehnte Anwendung, weil schwerer Verkehr auf Wasserstrassen; auch in den hannoverschen und oldenburgischen Küstengegenden. Die Klinker werden aus Klaithon oder fettem Lehm geformt, an der Luft getrocknet und bis zum Verglasen gebrannt. In Hannover und Oldenburg gewöhnlich $9^1/_2$ Zoll lang, $4^3/_4$ breit und $2^1/_8$ Zoll dick (auch $9^1/_8$, $4^1/_4$ und $2^1/_8$) — 100 Stück für jeden Fuss Breite einer laufenden Ruthe Steindecke erforderlich.

Gute Klinker: regelmässige Form, nicht krumm und windschief, keine Blasen und Risse, nicht eigentlich verglast, aber bis ins Innere hart gebacken; auf der Hand liegend mit Hammer geschlagen: hellen scharfen Klang gebend. Verschiedene Farbe: aus Klai: gelblich, aus Lehm und Thon: bläulich-roth. Niederländische: 3 Theile Klai und 1 Theil Sand. In Hannover: Thon und fetter Lehm, 3 Theile Thon und 1 Theil Kieselerde (Volumen). Bei Untersuchung auf mechanischem Wege werden durch Schlämmen Thon und Kieselerde getrennt. Wenn letztere nicht genügend vorhanden, wird scharfer Sand zugesetzt. Eisenoxyd in geringer Beimischung befördert die Verglasung der Klinker, grössere

---

rialien zum Steinbahnbau haben neben anderen localen Verhältnissen und Umständen veranlasst, dass bisher meistens auf den Strassen nur das Rippenpflaster hier zur Anwendung gebracht worden; konnte man in einzelnen Fällen anderes Material als die rohen unförmigen Kiesel herbeischaffen gegen entsprechenden Preis, so geschah es; allein im Allgemeinen ist und bleibt man dort auf die Verwendung der rohen Kiesel, und daraus folgend, auf Rippenpflasterung angewiesen. —

Die Erfahrung hat bei dieser Pflasterungsart schon längst ergeben, dass die Idee, durch die Rippen beim Abrammen des Pflasters mehr Spannung desselben und eine Verstärkung gegen das Verschieben der Pflastersteine oder überhaupt irgend eine grössere Festigkeit zu erlangen, irrig ist; sie hat ferner gezeigt, dass die Rippen nur den Steinsetzern zur Eintheilung des Ganzen in kleinere Fächer und zugleich als Lehre dienen, daher denn auch von nicht grösseren Steinen als die Banksteine gefertigt werden müssen, dabei fest einzusetzen, tüchtig zu unterstopfen, auch nach der Schablone gleich in normale Höhe zu bringen sind. Ein Rippenpflaster der Art gesetzt, steht so gut wie ein Schiebepflaster; wenn es sorgsam und fleissig abgerammt worden, giebt es dem letzteren nichts nach und ist es noch möglich, es gehörig bedeckt zu halten, so befährt es sich meistens ziemlich erträglich. Am schwersten zu erreichen ist bei dieser veralteten Art des Pflasterns eine möglichst gleiche Grösse der Steine, worauf natürlich sehr viel ankommt.

Für das erforderlich tüchtige und sorgfältige Abrammen dieser Steinpflaster und der Pflaster aus rohen Kieseln und nicht regulär geformten Steinen überhaupt, wende man vorzugsweise die gewöhnlichen kleinen Pflasterrammen an, weil es sich in der Formbeschaffenheit des Materials begründet, dazu ein mehr und besser auf das Einzelne wirkendes Werkzeug zu benutzen, wie das auch angewandte Beobachtungen genügend ergeben haben. Die Controle, ob die Pflasterbahn ihrer Breite nach (d. h. im Querprofil) regelrecht abgerammt worden, ist durch die Schablone zu prüfen; ob das Rammen dem Längenprofil entsprechend eben und egal vollführt ist, wird mittelst der Länge nach aufgelegten, langen Richtscheiten nachgesehen.

Beimischung bewirkt spröde, schlackenartige Verbindung, daher schädlich. Glimmerhaltiger Thon giebt gute Klinker, weil Versintern von Thon und Kieselerde befördert wird. Schädlich: Beimischung von Kalk- und Feuersteinen, weil Blasen und Sprünge befördernd, daher wie alle übrigen Steine, die über Erbsengrösse, zu entfernen. — Probebrände. — Klinker aus Thon sind unter übrigens gleichen Verhältnissen den aus Klai gebrannten vorzuziehen.

(§. 122.) Unterbettung. Wie bei Pflasterbahn (§. 87, 88 und 89). Darf keine fremdartigen (z. B. vegetabilischen) Bestandtheile und an der Oberfläche keine grobkörnigen Geschiebe enthalten, ist mit besonderer Sorgfalt und in genässtem Zustande zu dichten.

(§. 123.) Vor dem Einsetzen der Klinker ist die Unterbettung durch eine mit Eisen beschlagene, stellbare, concave Schablone nach der Wölbung der Pflasterbahn abzuziehen (Fig. 131). Die Schablone wird zu dem Zwecke auf Latten bewegt, welche über die Bordsteine, oder über die Läuferschicht gelegt sind. Jede Auflockerung der so geregelten Unterbettung ist sorgfältig zu vermeiden, event. durch Nachstampfen wieder zu beseitigen.

(§. 124.) Borde sind stets zur Einfassung anzubringen und sind aus natürlichen Steinen, und nur in deren Ermangelung aus Klinkern herzustellen.

(§. 125.) Aus natürlichen Steinen wie (§§. 49 bis 53) bei den Steinschlagbahnen (Fig. 132). Neben dem Hochborde jedoch eine Läuferreihe oder zwei in gutem Verbande zu setzen. Diese Läuferreihen bestehen jede aus einer in der Längenrichtung der Strasse der Länge nach gestellten Klinkerreihe und haben den Zweck, den Druck auf das Bord besser zu vertheilen.

(§. 126.) Bord aus Klinkern: aus drei auf die schmale Längenseite in gutem Verbande gesetzte Klinkerreihen, von denen die erste $1/2$ Zoll unter der Höhe der Steinbahnkante, und jede äussere 1 Zoll tiefer steht als die nächst innere. Für die mittlere Reihe dürfen Bruchstücke von mindestens $1/2$ Steineslänge benutzt werden. Die Kopfsoden, aus welchen das erhöhte Bankett gebildet wird, bedecken die Bordsteine am Bankett. Die Sommerwegskante bedeckt die Borde neben dem Sommerwege. (Fig. 133.) a. Kopfsoden, Ueberstand 4 bis 6 Zoll. Je nach Beschaffenheit der Soden und der Höhe des Bordes werden mehrere über einander gelegt. Es kommt darauf an, die Soden in Vegetation zu halten, weil das Bord sonst verfallen würde.

(§. 128.) Die Wölbung $1/5$ bis $2/7$ Zoll nach der Kreislinie auf jeden Fuss der ganzen Breite.

(§. 129.) Setzen der Klinker. Reihenweise, normal gegen die Bahnachse auf die schmale Längenseite, in gutem Verband, also $1/2$ Stein stark. Mit dem Einsetzen in jeder Reihe von der Seite des erhöhten Banketts zu beginnen.

(§. 132.) Die ersten Klinkerreihen sind nach einer concaven Schablone zu setzen. Beim Setzen der folgenden Reihen haben die Steinsetzer eine die Bahn-

oberfläche angebende, convexe Schablone hinter sich zu führen, und den Steinen nach kleinen Richtscheiten, welche von der Schablone zu den fertigen Reihen, parallel zur Bahnachse, gelegt werden, die richtige Höhenstellung zu geben. (Fig. 134.)

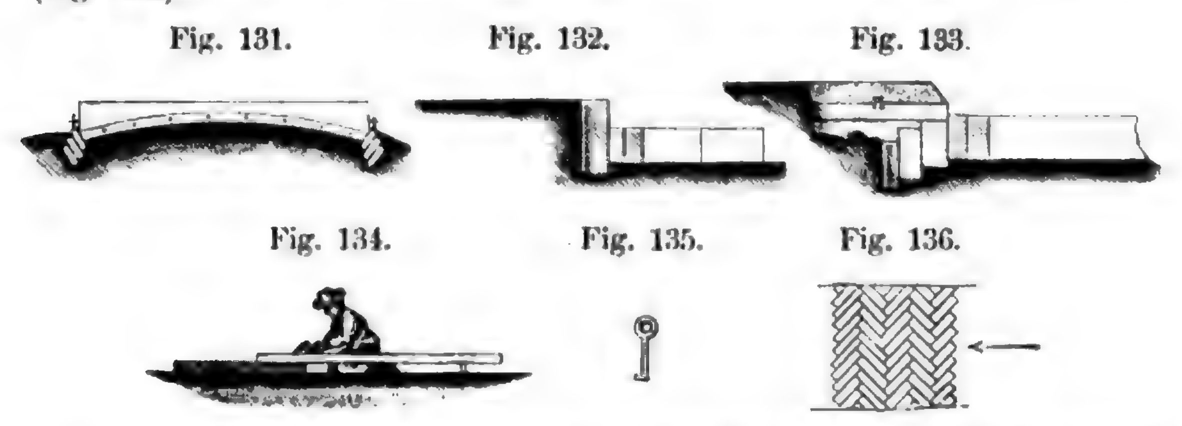


Fig. 131. Fig. 132. Fig. 133.

Fig. 134. Fig. 135. Fig. 136.

(§. 133.) Steine, namentlich in den Stossfugen, scharf zusammen zu setzen. Um möglichst dichtes Aneinanderschliessen der Steine jeder einzelnen Reihe zu bewirken, werden die Reihen zunächst auf eine längere Strecke (ohne Sand dazwischen) eingesetzt, jedoch wird in jeder Reihe der letzte Stein zurückgelassen. Dann wird jede einzelne Reihe von der für den Schlussstein gebliebenen Oeffnung ab mit dem Hammer (unter Vorhalten eines Brettes) fest zusammengetrieben, jedoch ohne eine Hebung herbeizuführen. Hierauf Schlussstein eingesetzt. Dies Verfahren erstreckt sich nicht auf die zuletzt gesetzten 8 bis 10 Reihen der in dieser Weise zu bearbeitenden Strecke. Diese werden erst beim Zusammentreiben der nächsten Strecke in vorgeschriebener Weise behandelt.

(§. 134.) Die besten, härtesten und am regelmässigsten geformten Klinker sind in diejenigen Breitentheile der Bahn zu bringen, welche vom Fuhrwerke vorzugsweise benutzt werden. Auf nicht sehr breiten Strassen werden nämlich die Streifen zu beiden Seiten der Mitte, im Abstande von 2 bis $2^1/_2$ Fuss von dieser, von den Rädern der Fuhrwerke besonders getroffen, weil auf schmalen Bahnen die Fuhrwerke sich vorzugsweise auf der Mitte halten.

(§. 135.) Sind auf Strecken von mindestens 80 Fuss Länge die Steine eingesetzt, so werden die Fugen mittelst Brausen eingewässert und etwa hervorstehende Steine mit einer leichten hölzernen Stampfe in die Bahnfläche gebracht, auch die zu tief stehenden Steine sorgfältig mittelst Schlüssel (Fig. 135) ausgehoben und in die richtige Lage gesetzt. Dann wird reiner Sand in dünnen Lagen (trocken) übergestreut, in die Fugen gefegt und während des Giessens mit stumpfen Besen so lange hin und her und weiter eingefegt, bis die Fugen vollständig zugefüllt sind.

(§. 136.) Um den Untergrund nicht zu sehr zu erweichen, ist das Einschwemmen nicht zu lange an einer und derselben Stelle fortzusetzen, sondern an mehreren

16*

Tagen nach einander zu wiederholen. Bei solchen Wiederholungen ist vor Aufbringen des Sandes die Bahn mit Wasser zu übergiessen und zu untersuchen, ob sich noch Fugen öffnen, welche dann ferner voll zu schwemmen sind.

(§. 137.) Sind alle Fugen geschlossen, so ist die Bahn mit einer Sandlage, zunächst von $1/2$ Zoll Stärke gleichmässig zu überdecken. Später muss die Stärke dieser Decke auf $1/4$ Zoll ermässigt werden.

Wesentlich ist es, dass Klinkerbahnen trocken, damit nicht Feuchtigkeit, in Sandlage und Untergrund dringend, bei Frost die Bahn gefährde. Daher möglichst seitlichen Abfluss durch Drains im Planum, oder unter den Fusswegen durch, zu befördern. Letztere Drains brauchen nicht immer in Frosttiefe zu liegen. Geringe Steigungen bei Klinkerbahnen wegen Wasserabfluss erwünscht.

(§. 130.) In Ueberlaufstellen oder frequenten Wegübergängen sind sogenannte Stromlagen oder Flechtgewebe in der Art zu bilden, dass zwei benachbarte Schaaren unter einem Winkel von 45° gegen die Längenachse zusammenstossen (Fig. 136). In starken Curven sind die Schaaren in einem Winkel von 45° gegen den Radius der Krümmung zu setzen, jedoch ist es in der Regel vorzuziehen, das Pflaster in Curven aus natürlichen Steinen herzustellen (weil Klinker dabei verhauen werden müssen).

(§. 131.) Pflasterstrecken aus natürlichen Steinen sind auch dort in entsprechender Länge einzulegen, wo unbestimmte Wege in die Klinkerbahn einmünden und ein Aufschleppen von fettem Boden durch Pflasterung der Auffahrten nicht hinreichend verhütet werden kann[1]).

IV. Kiesbahnen.

(§. 164.) Unter besonderen Umständen, namentlich wo die Mittel die Herstellung einer Steinbahn nicht gestatten, oder wo schnelle Herstellung eines fahrbaren Weges erforderlich, können Fahrbahnen von einem Gemisch von grobem Grand, feinem Kies, Sand und erdigen Theilen gebildet werden. Letztere sind nur in sehr geringen Quantitäten zu verwenden, weil sonst Frost und Nässe schädlich auf die Bahn einwirken können. Kiesbahnen sind ohne Kantensteine in einer gleichmässigen Stärke von 12 Zoll mit einer der Steinschlagbahn gleichen Wölbung zu bauen.

---

[1]) Mihálik, J. v., praktische Anleitung zum Bau der Strassen aus Klinkern. 2. Aufl. mit 3 Tafeln.

Nienburg, über Bau und Unterhaltung der holländ. Klinkerstrassen mit Vorschlägen zu deren Anwendung in den deutschen Marschen. Oldenburg 1844.

Jessen, Wegbauinsp., über die Anwendung der Klinkerstrassen in den Marschdistricten von Schleswig-Holstein. Kiel 1856.

Söhlke, über Klinkerfabrikation und Anlage von Klinkerbahnen in der Landdrostei Osnabrück. Zeitschrift des Hann. Arch.- und Ing.-Vereins 1861. Band VII. Heft 3, pag. 296.

V. Eisenschlacken- und Rasenerz-Bahnen.

Bei den in manchen Gegenden vorkommenden ausgedehnten Rasenerzlagern und den schon mehrfach vorhandenen und noch entstehenden Eisenhütten ist diese Kategorie der Fahrbahnen nicht unwichtig; im Bezirke der Wegbauinspection Lingen sind in einigen Jahren etwa 600 Ruthen Eisenschlacken- und Rasenerzbahnen angelegt, welche einem mehrere Monate andauernden schweren Frachtwagenverkehre Widerstand leisteten, ohne gleisig zu werden. Die Eisenschlackenbahn[1]) ist 12 Fuss breit, 1 Fuss stark ohne Bordsteine; die Schlacken werden in die Erdbahnen gefahren, roh regulirt, festgewalzt und mit Rasenerzabfall gedeckt; bei 1/2 Stunde Fuhrweite der Schlacken kommt die fertige (gewalzte) Bahn per laufende Ruthe (à 16 Fuss) auf 4 Thlr. zu stehen.

Die Rasenerzbahn ist nur 8 Zoll stark, 12 Fuss breit angelegt; die einzelnen Stücke wurden jedoch hochkantig und dicht geschlossen eingesetzt.

Solche Bahnen aus Raseneisenstein (Ortstein, eisenschüssiges Conglomerat) sind in der Provinz Hannover mehrfach angelegt und von ziemlicher Dauer. Sie müssen eine 1zöllige Lage Kies erhalten um Staub- und Schlammbildung zu verhindern. Eine 3/4 Meilen lange, 10 Fuss breite Ortsteinbahn hat nur

[1]) Die bei der Eisenfabrikation gewonnene Schlacke ist mit Nutzen zu Steinschlag mehrfach verwendet, sofern sie in ihrer chemischen Zusammensetzung der Art, dass sie nicht der Verwitterung unterworfen ist. Dieselbe entsteht durch Zusammenschmelzen der Kiesel-, Thon- und Kalkerde im Hochofen, und enthält noch andere Stoffe (Talkerde, Manganoxydul, Eisenoxydul, Kali, Schwefel u. s. w. in variirender Menge). Kieselerde ist gewöhnlich der Hauptbestandtheil (bis zu 60 Proc.), dann kommt Kalkerde; Thonerde tritt zuweilen nur in geringer Menge auf. Die Fortschaffung der Schlacken erzeugt Kosten, wesshalb ihre Verwendung von Interesse ist. Im glasartigen Zustande ist die Schlacke nicht brauchbar, wesshalb man sie „tempern“ oder „basaltiren“ muss, wodurch sie neben grosser Festigkeit auch eine gewisse Zähigkeit erlangt und hierin sogar den Basalt noch übertrifft.

Das Tempern geschieht in einfacher Weise. Eine Vertiefung in möglichst grosser Nähe der Ausflussöffnung, gewöhnlich zwischen Hochofen und Giesshütte, wird mit Coakslösche ausgefüttert, die man zu diesem Zwecke länger im Ofen angesammelt hat. Die Grube muss sich rasch und ohne Unterbrechung füllen, desshalb tempert man fast ausschliesslich nur diejenige Schlacke, welche bei hitzigem, gaarem Gange des Ofens entsteht und daher leichtflüssig ist; strengflüssige würde ein mit glasigen Partien versetztes Product liefern. Ist die Grube gefüllt, so wird sie auch oberhalb mit Schlackengrus zugedeckt und die Masse nun sich selbst überlassen. Aus dem ziemlich grossen Klumpen und durch die schlecht leitende Umhüllung kann die Wärme nur langsam entweichen, daher das dichte kristallinische Gefüge. Die Abkühlung dauert in der Regel 24 Stunden. Das Material kostet wegen der geringen Darstellungskosten wenig, die Schachtruthe (preuss. 144 Cubikfuss) noch nicht 3 ₰ loco Hütte, das Zerschlagen kostet etwa das Doppelte von dem beim Basalt. Auch zum Pflastern eignen sich diese Schlacken, obgleich beim Bearbeiten mit dem Hammer viel Material verloren geht, was indessen bei der Billigkeit desselben nicht von Belang ist. Berlin. Bauz. 1865, pag. 383.

36 *gr* pro laufende Ruthe gekostet. Zu einer Ruthe sind 80 Cubikfuss Ortstein und 14 Cubikfuss Kies verwendet. Später erhält die Bahn eine Steinschlagdecke.

C. Anlage der Sommerwege.

(§. 165.) Neben der Steinbahn ist ein Sommerweg anzulegen. Ausnahmsweise darf die Anlage eines Sommerweges unterbleiben:

a. in und nahe vor geschlossenen Orten (weil schmutzig und staubig):
b. an stark geneigten Berghängen (weil schwer zu unterhalten und oft kostbar in der Anlage);
c. auf Wegen über beschränktem oder sehr werthvollem Baugrund;
d. neben Klinkerbahnen, deren Breite zum Ausweichen der Fuhrwerke in der Regel genügt.

Wird ein Sommerweg nicht angelegt, so tritt an dessen Stelle ein zweites Bankett (zur Abstützung der Steinbahn und wegen der Anpflanzungen).

(§. 166.) Der Sommerweg ist an den Berghängen stets thalwärts (damit die Steinbahn am sichersten am Berge liege), sonst in der Regel an die Süd- oder Ostseite der Strasse zu legen (um besser abzutrocknen) [1])

(§. 167.) Dem Sommerweg ist eine Breite von mindestens 10 und höchstens 16 Fuss, nach dem Bedürfnisse des Verkehrs zu geben.

(§. 168.) Der Sommerweg soll neben der Steinbahn gleiche Höhe mit dem Steinbahnbord haben. Nach der Kronenkante zu ist dem Sommerwege ein

---

[1]) Von der Instruction abweichende Ansicht eines hannoverschen Wegbaubeamten. Den Sommerweg an Berghängen thalwärts zu legen, empfiehlt sich nicht und erscheint es vielmehr rathsamer, denselben an die Bergseite der Strasse zu legen. Dass die Steinbahn am Berge, also zumeist im Abtrage, sicherer liegt als im Auftrage, muss geradezu bestritten werden, und sprechen vielmehr die Erfahrungen für das Gegentheil. Dass die Erddämme sich erst vollständig gesenkt haben, ehe man eine Steinbahn darauf legt, darf unter allen Umständen vorausgesetzt werden, vor Allem aber an Berghängen, wo man auf der einen Seite des Querprofils Abtrag, auf der anderen Auftrag hat. Mag der Sommerweg auf der Bergseite oder auf der Thalseite liegen, die Steinbahn muss in dem Normal-Querprofile, in welchem der Abtrag den Auftrag decken soll, stets mit einem Theil ihrer Breite im Abtrage, mit dem andern Theil im Auftrage liegen, und etwaige spätere Sackungen des Auftrages können in beiden Fällen nachtheilig werden. Liegt aber der Sommerweg an der Thalseite, so hat man bei hohen Thalböschungen stets die grosse Gefahr des Herabstürzens des auf dem Sommerwege herabfahrenden Fuhrwerks zu fürchten und der Sommerweg kann daher zum Fahren geradezu unzweckmässig werden. Anderseits geht der Wanderer immer lieber auf der Thalseite, namentlich wenn die Strasse durch eine schöne Gegend führt, wie es bei Gebirgsstrassen meistens der Fall ist, und oft verlässt er den an der Bergseite liegenden Fussweg und geht auf dem Thalrande der Strasse.

gleichmässiges Seitengefälle von 1/4 bis 1/2 Zoll, unter besonderen Umständen ausnahmsweise bis 3/4 Zoll auf jeden Fuss der Breite zu geben.

(§. 169.) Sommerwege sind, wenn sie nicht ohnehin eine zu jeder Zeit ausreichend feste Oberfläche haben, nach Beschaffenheit des Bodens mit Kies, Sand, Dammerde, Lehm oder sonstigen bindenden Materialien zu befestigen.

(§. 170.) Sind bei stärkeren Neigungen des Längenprofils zur seitlichen Abführung des Wassers vom Sommerwege besondere Vorkehrungen zu treffen, so ist:

1) ein stärkeres Seitengefälle, jedoch innerhalb der durch den §. 168 bestimmten Grenzen herzustellen. Ist dies unzureichend, so sind

2) in angemessenen Entfernungen sogenannte Wülste aus Erde oder Soden vorzurichten;

3) genügt auch dies nicht, so sind Steinschlagstreifen von der Stärke der Steinschlagbahn, deren im Querschnitt etwas gewölbte Oberfläche nur mit dieser Wölbung über die Ebene des Sommerwegs hervortritt, durch den Sommerweg zu legen;

4) bei besonders starker Neigung (etwa von 1/14 an) können, wenn die unter den Ziffern 1 — 3 bezeichneten Maassregeln die Ableitung des Tagewassers in zweckmässiger Weise nicht bewirken, gepflasterte Stützcanäle durch den Sommerweg gelegt werden. Deren Zahl auf derselben Strassenstrecke ist auf das geringste Maass zu beschränken (10 bis 20° entfernt). Stützcanäle sind in einer Breite von 2 bis höchstens 3 Fuss mit gut geformtem Gestein hochkantig zu pflastern.

Die obere und untere Kante der Pflasterung ist durch einen 12 Zoll breiten und eben so starken Steinschlagstreifen zu befestigen (Fig. 137).

Fig. 137.



Im Längenprofile der Rinnlinie sind die Stützcanäle vom Steinbahnbord aus anfangs schwach, nach der Grabenkante zu gleichmässig stärker zu vertiefen und mit flacher Abrundung der Grabenkante in die Grabensohle einlaufen zu lassen.

Im Querprofil müssen die Stützcanäle ein zweiseitiges Gerinne bilden, bei zwei Fuss ganzer Breite mit gleichen Seiten, bei drei Fuss ganzer Breite mit einem Fuss oberem und zwei Fuss unterem Seitenmaass.

Die obere Kante soll überall in der Ebene des Sommerwegs liegen, die untere Kante muss nach der Quere der Strasse etwas geringeres Gefälle haben als die obere, und zwar in dem Maasse, dass das in den Stützcanal gelangende Wasser nicht über die untere Kante fliessen kann.

Sind die Stützcanäle im Fahrgleise tiefer als drei Zoll, so sind sie rechtwinklig, bei geringerer Tiefe in schräger Richtung über den Sommerweg zu legen.

D. Banketts und Fusswege.

(§. 171.) Liegt an der einen Seite der Steinbahn ein Sommerweg, so ist an die andere Seite das Bankett zu legen (Material dann zwischen den Bäumen des Sommerwegs).

Hat die Strasse keinen Sommerweg, so sind an beiden Seiten der Steinbahn Banketts vorzurichten, und zwar wegen Abstützung der Steinbahn und wegen der Anpflanzung, sowie zur Sicherung der Passage; auch würde eine Steinbahn ohne Einfassung mit hinreichend breitem Bankett, von den Fuhrwerken bis zum Kantensteine gar nicht benutzt werden (Materialien auf einem Bankett).

(§. 172.) Die Breite des Banketts beträgt mindestens 6, höchstens 10 Fuss.

(§. 173.) Hat die Strasse nur ein Bankett, so dient dies stets als Fussweg. Hat die Strasse zwei Banketts, so dient in der Regel dasjenige als Fussweg, welches die trockenste Lage hat. Die Herstellung beider Banketts als Fusswege ist nur zulässig in oder vor geschlossenen Orten und auf Strecken, welche von einer grösseren Zahl von Fussgängern benutzt werden (Materialien lagern dann zwischen den Bäumen, oder auch in den Ortschaften auf besonderen Lagerplätzen) [1]).

(§. 174.) Die Banketts sind in der Regel an der Steinbahnseite in gleicher Höhe mit den Bordsteinen mit einem Seitengefälle von $1/4$ höchstens $1/2$ Zoll auf jeden Fuss der Breite anzulegen.

(§. 175.) Erhöhte Fusswege sind zu bauen:

1) in und nach Umständen auch vor geschlossenen Orten, in mindestens 8füssiger Breite, wenn sie mit Bäumen besetzt werden;
2) auf sonstigen Strecken, welche von Fussgängern stark benutzt werden (ad 1 und 2 wegen Schmutz, und weil erhöhte Fusswege sich besser unterhalten lassen),
3) neben Klinkerbahnen (Schutz gegen Verwehen des Sandes).

(§. 176.) Erhöhte Fusswege erhalten gegen die Steinbahn einen um 4 bis 6 Zoll erhöhten Bordstein (Fig. 138) mit $1/4$ bis $1/3$, bei Saumquadern (Fig. 139) $1/2$ Anlauf, oder eine Gosse (Fig. 140). Diese Bordsteine können in Gegenden, wo sie unverhältnissmässige Kosten veranlassen, durch einen Rasenstreifen ersetzt werden (Fig. 141). Man legt (Fig. 140) a wohl etwas höher als b und

---

[1]) In wenig bevölkerten Gegenden, z. B. Haiden, möchte die Gangbreite der Fusswege wohl auf 4 Fuss zu beschränken sein. Die übrige Fläche ist nach dem Grabenrande zu mit einem 3 Zoll starken Haidsodenstreifen in 2 Fuss Breite zu belegen, der alle 5 Ruthen einen Durchstich zur Ableitung des Wassers erhält. Gegen den Rand hängt sich der von der Bahn abgewehte Decksand.

macht ac steiler, um zu verhindern, dass die Fuhrwerke durch die Gosse auf den Fussweg fahren und die Bäume beschädigen.

(§. 177.) Erhöhte Fusswege können mit einfachem Seitengefälle oder mit einer kreisförmigen Wölbung von $^1/_4$ bis $^1/_2$ Zoll auf jeden Fuss der ganzen Breite angelegt werden. Rasenborde wird man meistens durch Prellsteine schützen müssen, obwohl man letztere gern vermeidet. a Rasen, b Prellstein. (Fig. 141.)

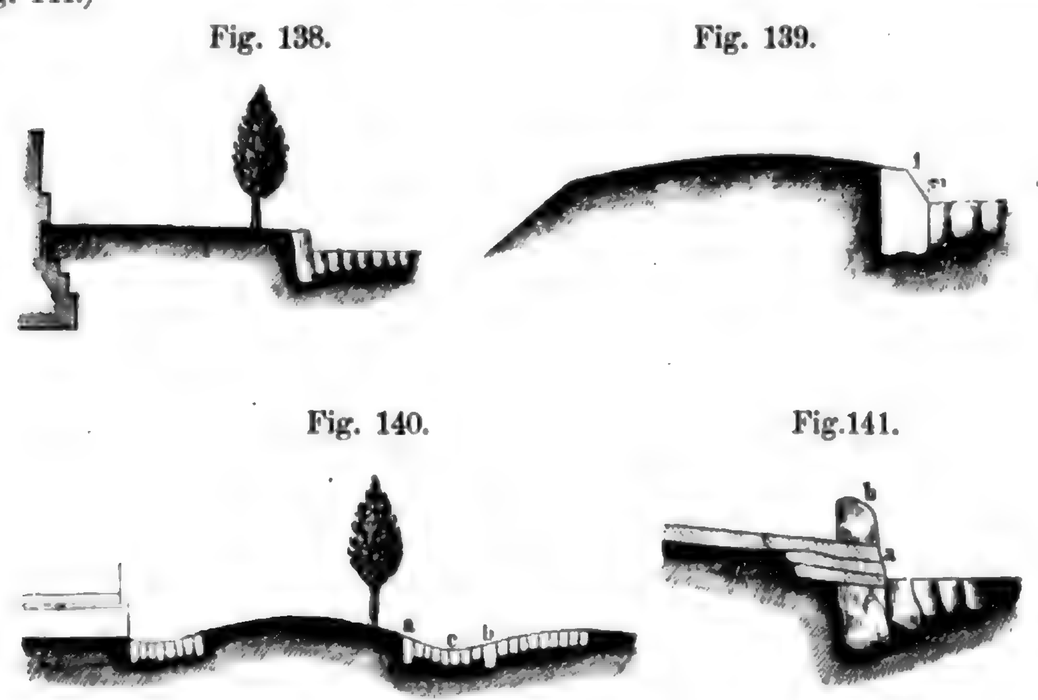


Fig. 138. Fig. 139. Fig. 140. Fig. 141.

(§. 178.) Die Fusswege sind thunlichst so herzustellen, dass sie bei trockener, wie bei nasser Witterung ohne Schwierigkeit von Fussgängern benutzt werden können. Erforderlichen Falls ist die Oberfläche nach dem Grade der Frequenz und des Bedürfnisses, so wie nach der Beschaffenheit des Bodens, in genügender Breite mit entsprechendem Material zu bedecken. — Unter ganz besonderen Umständen ist der Fussweg aus einer dreizölligen Steinschlaglage oder Packlage von natürlichen Steinen oder Ziegelbruch, mit einer Kiesdecke, zu bilden. Man versieht ihn zuweilen mit Pflasterung aus kleinen Kieseln (z. B. in Ostfriesland). Einen sehr festen Fusspfad auf stark betretenen Stellen erhält man, wenn man eine 3 bis 4 Zoll starke, gut verzwickte und geebnete Unterlage von Ziegelbrocken bildet, die Unebenheiten der Oberfläche mit einer $1^1/_2$- bis 2zölligen Lage einer Mischung von Lehm, Steinkohlenasche und etwas Hammerschlag, welche gut durchgearbeitet sein muss, abgleicht und darüber eine einzöllige Lage Kies bringt.

(§. 179.) Erhöhte Fusswege erhalten Wasserdurchlässe aus Drainröhren oder Platten, oder Backsteincanäle, nach Maassgabe des Bedürfnisses und des verfügbaren Materials (vergl. Fig. 103).

E. Seitengräben.

(§. 180.) Seitengräben sind anzulegen, wenn dies zur Austrocknung des Strassenkörpers, zur Ableitung oder Fortführung des Tagewassers, zur Begrenzung oder Befriedigung des Strassen-Areals, erforderlich ist.

(§. 181.) Dient der Seitengraben zur Austrocknung des Strassenkörpers oder zur Ableitung und Fortführung des Wassers, so soll der Wasserspiegel mindestens einige Zolle tiefer als die Sohle des Erdkastens liegen. Dies wird mit Recht für zu wenig gehalten, da das Wasser oft bis einen Fuss hoch in den Erdkasten aufsteigt. Man wird dieses Maass daher nur bei Gräben, die voraussichtlich meistens trocken sind, als ausreichend halten können. Die Tiefe der Gräben muss mindestens $1\frac{1}{2}$ Fuss sein, da flache Gräben leicht zuwachsen und zuwehen.

(§. 182.) Die Breite der Grabensohle soll nicht grösser sein, als die Umstände dies erfordern, mindestens jedoch einen Fuss betragen.

(§. 183.) Ist ein natürliches Längengefälle nicht vorhanden, die Herstellung eines künstlichen Gefälles aber erforderlich, so soll das Gefälle der Grabensohle mindestens $^1/_{800}$ betragen [1]).

(§. 184.) Der Anlauf der Grabenufer muss dem natürlichen Böschungswinkel des betreffenden Erdreichs entsprechen. Gestattet es die Oertlichkeit und werden die Kosten nicht dadurch vermehrt, so soll der Anlauf nach Innen $1 : 1\frac{1}{2}$, nach Aussen $1 : 1$ mindestens betragen, sofern nicht besondere Bodenarten eine steilere Böschung zulassen. Flachere Böschungen sind nothwendig für Gräben von starkem Längengefälle, welche zur Abführung des Wassers dienen.

(§. 185.) Haben Seitengräben nur den Zweck der Begrenzung, so dürfen die obigen Maasse für Breite, Tiefe und Längengefälle den Umständen nach eingeschränkt werden, namentlich wenn Fahren oder Viehtreiben durch die Gräben unvermeidlich ist.

(§. 186.) Liegen die Seitengräben in starkem Gefälle, ist das Erdreich steril, trocken oder sonst unzuverlässig, so ist eine künstliche Befestigung, je nach der Stärke der Angriffe des Wassers, des Windes, der Verwitterung etc. durch folgende Maassregeln herzustellen:

1) Besamung der Grabenufer;
2) Bekleidung derselben mit fruchtbarer Dammerde und Besamung;
3) Einlegung von Rasenstreifen durch die bekleidete und besamte Grabenfläche in entsprechenden Abständen von mehreren Ruthen bis zu 8 Fuss;
4) Belegung der Grabensohle und des anschliessenden Fusses beider Ufer, nach Umständen auch der Kronenkante mit Rasen oder Plaggen; letzteres z. B. dann, wenn der Boden derartig ist, dass das frei über die Kronen-

---

[1]) Dies ist sehr wenig, $^1/_{600}$ würde entsprechender sein.

kante fliessende Wasser letztere leicht beschädigt und wenn Soden billig zu haben sind;

5) Bekleidung der ganzen Grabenfläche mit Rasen oder Plaggen;
6) Einschüttung von Steingerölle oder Steinschlag in den Graben;
7) muldenförmige Pflasterung der Grabensohle, event. der ganzen Grabenfläche, entweder:
   a. mit plattgelegten Steinen, oder
   b. hochkantig mit Pflastersteinen, oder
   c. hochkantig mit grösseren lagerhaften, in gutem Verband, im Querschnitt normal zur Muldencurve, dicht neben einander gestellten Bruchsteinen, unter Einbringung von gehackten Queckenwurzeln in die dicht ausgestopften Fugen, behuf Bildung einer Grasdecke. Erfahrungsmässig erreicht man in vielen Fällen die gewünschte Wirkung, wenn man die Grabensohle in Abständen von 3 oder 5 Ruthen (je nach der Stärke des Gefälles) auf etwa 8 Fuss Länge muldenförmig gepflastert und innerhalb dieser Pflasterung das Längengefälle ein wenig vermindert;
8) bei ausserordentlich starkem Gefälle die unter 7 c. bezeichnete Pflasterung, mit Befestigung der Seiten der Mulde durch höher zu stellende Bordsteine, unter Anschluss des Terrains (Fig. 142).

Fig. 142.



Die sub 7 und 8 bezeichneten Pflasterungen sind stets von unten her anzufangen, und nach oben hin mit der Arbeit fortschreitend, anzulegen.

(§. 187.) Die Anlage von Querzäunen oder Dämmen zur terrassenförmigen Bildung der Grabensohle ist nur unter ganz besonderen Verhältnissen gestattet, weil die trockenen Flechtzäune sehr vergänglich sind, lebendige Zäune es aber schwierig machen, die Grabensohle in der richtigen Tiefe zu halten, solche Zäune auch leicht grosse Unregelmässigkeiten im Wasserlaufe und damit Ausrisse in den Strassentheilen veranlassen. Sie erschweren wegen des Ueberfalls oft die Unterhaltung und können bei vorkommendem, starkem Wasserdrange den Abfluss nachtheilig verzögern. Endlich setzen sich leicht Schnee und Eis in den Zäunen fest [1]).

---

[1]) Die Anlage von Querzäunen zur terrassenartigen Herrichtung der Grabensohlen bei starkem Gefälle hat sich im Meppenschen (Ostfriesland), wo in einzelnen

Man legt einiger Orten etwa alle 100 Fuss grosse Platten in die Gräben, welche die Höhe der Grabensohle anzeigen, die beim Aufräumen der Gräben sonst leicht verloren geht.

F. Stellwannen.

(§. 188.) Ausserhalb der Gräben, Böschungen etc. ist eine Stellwanne von 2 Fuss Breite anzulegen.

G. Seitenabfahrten.

a. Nach Grundstücken.

(§. 189.) Seitenabfahrten nach Grundstücken sind auf die geringste durch das Bedürfniss gebotene Zahl zu beschränken und thunlichst so zu legen, dass dieselbe Abfahrt nach mehreren Grundstücken benutzt werden kann.

(§. 190.) Durch diese Seitenabfahrten wird in der Regel weder die Kronenkante der Strasse verändert, noch die Bordsteinreihe unterbrochen.

(§. 191.) Wird eine solche Seitenabfahrt ausnahmsweise besteint, und durchschneidet sie dann einen erhöhten Fussweg, so ist dessen Borde eine angemessene Curvation nach der Abfahrt zu geben. — Die Oberfläche der Abfahrt soll in der Regel mindestens in der Mittellinie des Fussweges dem letzteren ohne Absatz sich anschliessen (Fig. 143).

(§. 192.) Auf die Anlage von Parallelwegen ist Bedacht zu nehmen, wenn diese zweckmässiger und billiger ist, als die Anlage von Seitenabfahrten.

b. Nach Wegen.

(§. 193.) Seitenabfahrten nach Wegen sind zu besteinen:

1) wenn die einlaufenden Wege besteint sind,
2) wenn zu erwarten ist, dass die Fuhrwerke von den einlaufenden Wegen fetten Boden in schädlicher Weise auf die Strasse bringen werden.

Durchschneiden Abfahrten den Fussweg, so sind sie nach Bedürfniss zu befestigen (mit Steinschlag oder Pflaster).

(§. 194.) Die Verbindung mit einlaufenden unbesteinten Wegen ist durch entsprechende Curvation des Planums, die Verbindung mit besteinten Wegen durch entsprechende Curvation des Planums und der Steinbahn herzustellen. Im letzteren Falle gehen die Bordsteine der Steinbahn nicht durch, sondern schliessen sich den Bordsteinen des einfallenden Weges an. Ueber die Abrundung ist Bestimmtes nicht anzugeben. Die Localität, die Art der Fuhrwerke,

---

Fällen solche versucht worden, in dem leichten Boden nicht angemessen erwiesen, indem sie bedeutende Ausrisse verursachten.

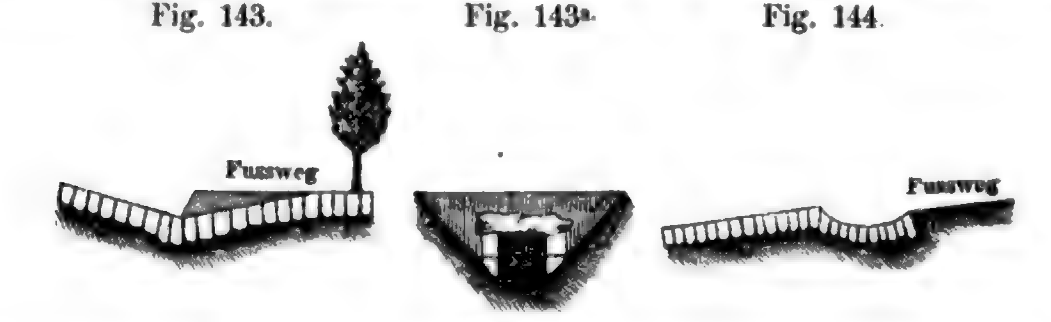
Dahingegen stellte sich eine Belegung der Grabensohle (aber ohne Terrassenform) mit 3 bis 4 Lagen fester, guter, 3 Zoll dicker Soden in Verband über einander gelegt, und eben so des anschliessenden Fusses beider Ufer, als zweckmässig heraus. Sie bewuchs und benarbte sich bald, und hielt recht gut und lange, ehe eine Ausbesserung nöthig wurde.

die Breite der Strasse so wie des Abfuhrweges, kommen dabei in Berücksichtigung[1]).

c. Gemeinschaftliche Vorschriften.

(§. 195.) Der Abfluss des Wassers darf durch Seitenabfahrten weder auf der Kronenfläche der Strasse, noch in den Seitengräben gehemmt werden. In den Seitenabfahrten ist der Abfluss mittelst Durchlässe (Fig. 143[a]), in geeigneten Fällen mittelst flacher Mulden herzustellen (Fig. 144). In vielen Fällen genügen

Fig. 143. Fig. 143[a]. Fig. 144.



Durchlässe von 2 aufeinandergelegten halbcylindrischen Drains, welche eine Röhre von 9 Zoll Durchmesser bilden und durch Zwischenlegen von einem oder zwei platten Backsteinen um $2^1/_2$ oder 5 Zoll grössere Höhe erhalten können.

H. Wasserleitungen von einer Seite der Strasse zur anderen.

(§. 196.) Wasserleitungen von einer Seite der Strasse zur anderen werden:
entweder über der Oberfläche der Krone durch Mulden,
oder unter der Oberfläche durch Brücken und Durchlässe,
oder in offener Durchschneidung der Bahn vermittelt (Fähren).

1) Mulden.

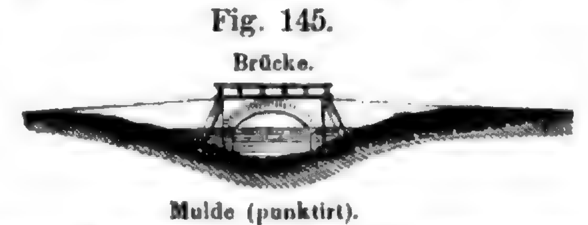
Bei Thalstrassen ist es erwünscht, die Krone 1 bis 2 Fuss über das höchste Wasser des Inundationsgebiets zu legen und entsprechend Brückenöffnungen anzuordnen. In manchen Fällen ist dies zu kostbar oder nicht zulässig, wess-

---

[1]) In der Instruction für die Orleans-Bahn giebt der Ingenieur Nördling bei dem Capitel Wegübergänge das Folgende an. Beim Zusammenbringen zweier Strassen, um sie zusammen über eine Eisenbahn zu führen, ist es nicht immer zweckmässig, möglichst grosse Krümmungsradien zu erreichen zu suchen, denn das Landfuhrwerk zieht es in der That vor, ein Mal eine grössere Biegung zu machen, und dann eine längere gerade Richtung zu verfolgen. Als passende Minimal-Radien bezeichnet derselbe für Routes impériales (kaiserliche Chausseen) und Routes départementales (Departementsstrassen) 50 Meter, wobei man bis zu 30 Meter herabgehen kann; für Chemins de grande communication (Hauptverbindungsstrassen) genügen 15 Meter, für gewöhnliche Vicinalwege sind ausreichend 10 Meter, und für Privatwege und Wege zu landwirthschaftlichen Zwecken kann man bei örtlichen Hindernissen selbst bis auf 6 Meter herabgehen. — Bei den hannoverschen Eisenbahnen sind die kleinsten bei Wegeüberführungen angewendeten Radien, bei gewöhnlichen Wegen etwa 3 Ruthen = 48 Fuss, und über das Doppelte kommt selten, mit Ausnahme von Chausseen, vor.

halb man dann die Strasse nur wenig oder gar nicht über das Maifeld erhöht, und bei einem Flussübergange nur diesen überbrückt, dann mit Rampen zu beiden Seiten der Brücke auf Höhe des Maifeldes zurückgeht, und entweder die Strasse ganz überströmen lässt, oder etwas höher bleibt, und wenn es genügt, nur an einzelnen im Profil tiefer anzuordnenden Stellen „Mulden", welche befestigt werden müssen, das Hochwasser durchströmen lässt. Ausnahmsweise ist zuweilen die oben erwähnte Erhöhung des Strassendammes gestattet, wenn nachtheilige Aufstauung nicht bewirkt, und der Damm selbst durch Ueberströmung nicht gefährdet wird. Auch bei Gebirgsstrassen hat man oft die Wahl zwischen Ueberführung des Bachs mittelst Mulde oder Unterdurchführung mittelst Brücke, je nach den zulässigen Kosten. Eine Mulde legt man in manchen Fällen an, wo eine Brücke oder ein Durchlass durch das von oben über die Strasse kommende Gerölle oft verstopft werden würde (Fig. 145). Zuweilen kommen

Fig. 145.



auch Mulden und Brücken combinirt vor, um an Brückenöffnung für Hochwasser zu sparen (Fig. 146).

Fig. 146.



(§. 197.) Bei grösseren Mulden oder Ueberläufen ist die Steinbahn in der Regel aus Steinschlag, wenn jedoch eine besonders starke Strömung stattfindet, aus gutem Reihenpflaster herzustellen[1]).

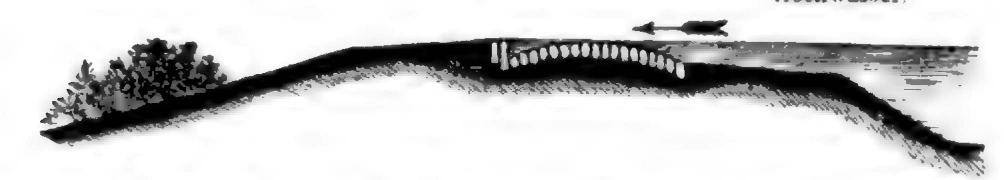
(§. 198.) Bei solchen Mulden oder Ueberläufen ist an der Thalseite stets ein erhöhter Fussweg in gleicher Horizontale mit dem Rücken der Steinbahn anzulegen und an der Steinbahnseite mit einem erhöhten Bordsteine einzufassen (wegen ruhigen Wassers und um Abspülen zu hindern). Doppelte Bordsteinreihe mit guter Fugendeckung an der Seite stromab zu empfehlen. Der Sommerweg bedarf der Befestigung nicht, weil er durch die gewölbte Steinbahn und

---

[1]) Einige empfehlen Steinschlag anzuwenden nicht als Regel, weil das überströmende Wasser das Bindemittel aus dem Steinschlag herauszieht, das Material von der Strömung mit fortgetrieben wird, oder doch im ungebundenen Zustande eine unebene Fahrbahn bildet. Nur dann, wenn ein Steinpflaster mit ganz unverhältnissmässig grossen Kosten hergestellt werden müsste, sollte die Steinbahn aus Steinschlag bestehen.

den erhöhten Fussweg geschützt wird (Fig. 147). Die untere Kante (stromab) der Strasse ist mit Erd- oder Korbweiden zu bepflanzen (gegen Abspülnng).

Fig. 147.



(§. 199.) Kleinere Mulden sind möglichst zu vermeiden — (Belästigung der Passage, Auffrieren im Winter) — wo sie unentbehrlich: rechtwinklig durch die Strasse, flache ($^1/_{12}$) Neigung und in der Quere der Strasse eine horizontale Sohle (von mindestens 2 Fuss Breite nach der Längenrichtung der Strasse).

(§. 200.) Die Sohle kleinerer Mulden ist stets aus Pflaster herzustellen (weil sie sonst bei Unterhaltung leicht verschwindet). Die Seitenneigungen der Mulden können auf Steinschlagbahnen auch aus Steinschlag gebildet werden.

(§. 201.) Die Sohle der grösseren Mulden soll in der Längenrichtung der Strasse eine ausgerundete Form erhalten, damit das Wasser schliesslich, wenn das Hochwasser vorüber, an einer Stelle zusammenlaufe; die Seitenneigungen in eben dieser Richtung möglichst flach und ausserhalb geschlossener Orte mindestens $^1/_{12}$ (in geschlossenen Orten stärkere) Neigung.

2) Brücken und Durchlässe.

Ueber Bauart grösserer Brücken im Brückenbau. Hier ist nur von den gewöhnlich beim Chausseebau vorkommenden kleineren Brücken die Rede.

(§. 203.) Feststellung der Höhe und Durchlassweite nach hydrotechnischen Gründen. Vergl. Anhang.

(§. 204.) Vorsetzen, Pfeiler oder Joche der Brücke sollen dem freien Wasserdurchfluss die geringsten Hindernisse bieten; parallel mit der örtlichen Richtung des Wasserlaufs anzulegen; bei untergeordneten Wasserläufen ist dies nicht durchaus erforderlich.

(§. 205.) Die Brückenachse normal gegen den Wasserlauf, daher die Strassenstrecke oder den Wasserlauf entsprechend zu verlegen, wobei oft zugleich der Vortheil zu erreichen, dass man die Brücke im Trocknen bauen kann.

(§. 206.) Wenn dies Verlegen zu kostbar oder sonst nicht angänglich: schiefe Brücke.

(§. 207.) Höchster Wasserstand bei massiven Brücken mit Halbkreis bis $^1/_3$ der Gewölbhöhe; mit flachen Bogen bis zum Kämpfer. Dies ist nicht durchaus erforderlich, wenn bei höchstem Wasser kein Eisgang und wenn die Gewölbe aus gutem Material hergestellt sind. Bei Brücken mit horizontaler Holzbalkenüberdeckung: höchstes Wasser in der Regel 1 Fuss von der Balkenunterkante; wenn ein Sattel vorhanden, 6 Zoll von der Sattelunterkante. Bei Eisen-

oberbau: Unterkante der Träger mindestens 1 Fuss über dem höchsten Wasserstand (mindestens 2 Fuss über den Wasserstand des starken Eisgangs).

(§. 208.) Brücken und Durchlässe von höchstens 8 Fuss lichter Weite in der Regel durch die ganze Breite der Strasse.

(§. 209.) Die Breite grösserer Brücken möglichst zu beschränken, in der Regel 18 Fuss zwischen den Geländern (nämlich 12 bis 13 Fuss Steinbahn und 2 Fusswege, oder auch Steinbahn 14 Fuss und 1 Fussweg). Grössere Breite nur zulässig, wenn der Verkehr sie erfordert; wenn der Verkehr es gestattet und Kosten dadurch erspart werden, bis zu 13 Fuss zu ermässigen. Bei 18 Fuss können noch zwei breite Wagen sich ausweichen, bei 13 Fuss zwei gewöhnliche Wagen [1]).

(§. 210.) Die Fahrbahnachse derjenigen Brücken, welche nicht durch die ganze Kronenbreite der Strasse reichen, soll mit der Mittellinie der anschliessenden Steinbahnstrecken zusammenfallen.

(§. 211.) Durch einen Durchlass soll nie, durch eine Brücke ausnahmsweise eine Aenderung im Längenprofil der Strasse veranlasst werden. Geneigte Brückenauffahrten dürfen die grösstzulässige Ansteigung ($^1/_{40}$ Flachland, $^1/_{30}$ Hügelland, $^1/_{24}$ Gebirgsland) nicht übertreffen.

(§. 212.) Fundamente so zu legen, dass gegen Versackung, Unterwaschung und Einwirkung des Frostes gesichert. Holzwerk derselben mindestens $1^1/_2$ Fuss unter tiefstem Wasserstand (Grundwasserstand).

(§. 213.) Die Brückenflügel so anzuordnen, dass das Bauwerk selbst, so wie die anschliessenden Ufer und Strassentheile gesichert werden (Geländer oder Wall mit davor gepflanzten Bäumen) (Fig. 154), und der Durchfluss des Wassers nicht beeinträchtigt wird.

(§. 214.) Brücken und Durchlässe sind massiv zu erbauen, wenn die für den Massivbau nöthige Höhe zu erreichen ist und die Kosten des Neubaues und der Unterhaltung die Kosten einer zulässigen anderen Bauart nicht übersteigen.

Hölzerne Brücken und Bohlwerke (je nachdem exponirt) dauern 25 bis 30 Jahre. Jährliche Unterhaltung etwa $2^1/_2$ Proc. des Anlage-Capitals. Massive Brücken 75 bis 100 Jahre; jährliche Unterhaltung 1 bis $1^1/_2$ Proc., Anlage-Capital, capitalisirte Unterhaltungskosten und Amortisationscapital bei Vergleichung des ökonomischen Werthes einer Construction zu addiren [2]). Eiserne Brücken,

[1]) Auf Chausseen zwischen den Geländern mindestens 18 Fuss, auf Landstrassen und Gemeindewegen mindestens 13 Fuss. Damit die Naben der Fuhrwerke nicht anstossen, ist ein Zwischenraum von etwa 15 — 18 Zoll zwischen Nabe und Geländer erforderlich, den zu behaupten die Anbringung eines Kantensteins oder einer Erhöhung, die das Rad verhindert sich mehr zu nähern, erforderlich ist.

[2]) F. A. Eytelwein: Anleitung zur Ermittelung der Dauer und Unterhaltungskosten der Gebäude etc. Berlin 1831.

H. Wolff: Technische Entwickelung der Grundsätze zur Abschätzung von Stadtgebäuden etc. Berlin. Reimarus. 1849.

Des Ingenieurs Taschenbuch, von der Hütte. 3. Aufl. pag. 574.

Becker's Brückenbau. I. Auflage. Anhang.

Dauer noch nicht bekannt. Durch Imprägniren des Holzes zu Brücken-Constructionen, kann dessen Dauer erheblich erhöht werden.

(§. 215.) Fehlt die Höhe für ganz massives Bauwerk, so sind nur Vorsetzungen und Pfeiler massiv zu bauen, Oberbau in der Regel dann von Holz. Statt massiver Pfeiler: Holzjoche, wenn billiger und Durchflussöffnung nicht beengt werden darf.

(§. 216.) Ist massiver Oberbau oder einfach construirter Holzoberbau nicht anwendbar, so wird ein Eisenoberbau auf den massiven Unterbau gelegt. Namentlich nothwendig, wenn grössere Weiten zu überbrücken oder Pfeiler kostbar.

(§. 247.) Hölzer zweckentsprechend zu bearbeiten und zu verbinden. Zutritt der Luft befördern, Nässe abhalten, Deckbretter gleich lang mit Balken, zwischen Deckbrett und Balken: Stege; alle Holzverbindungen auf Wasser-Ablauf einrichten, lothrechtes Verbolzen der Hölzer möglichst umgehen. Getheertes Papier als Zwischenlage; einfache Profile vor Hirn, um Aufreissen zu vermeiden, Ueberschneidungen nur im oberen Holz; äussere Balken leiden am meisten durch Schlagregen und Sonnenschein.

(§. 249.) Anstrich der Hölzer bis zu Austrocknung aussetzen, wenigstens die untere, von der Fahrbahn abgewandte Seite vorläufig frei lassen. Präpariren oder Imprägniren des Holzes ist zu empfehlen[1]).

(§. 217). Ketten und Drahtbrücken sind nur in besonderen Fällen stattnehmig.

(§. 218.) Brücken sind ganz von Holz zu bauen, wenn dadurch nachhaltige Ersparung erreicht wird und Holzbau genügende Sicherheit gewährt.

(§. 219.) Durchlässe sind in der Regel entweder:

1) ganz von Platten oder plattenartigen Steinen (Fig. 148),

2) mit Wangenmauern und Plattenüberdeckung (Fig. 149, 149ᵃ und 150), oder mit Ueberwölbung, oder

Fig. 148. Fig. 149. Fig. 149ᵃ.

Beliebig hohe Ueberschüttung.

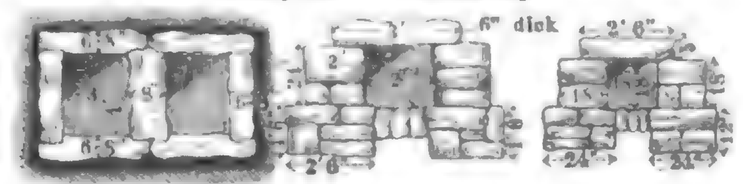
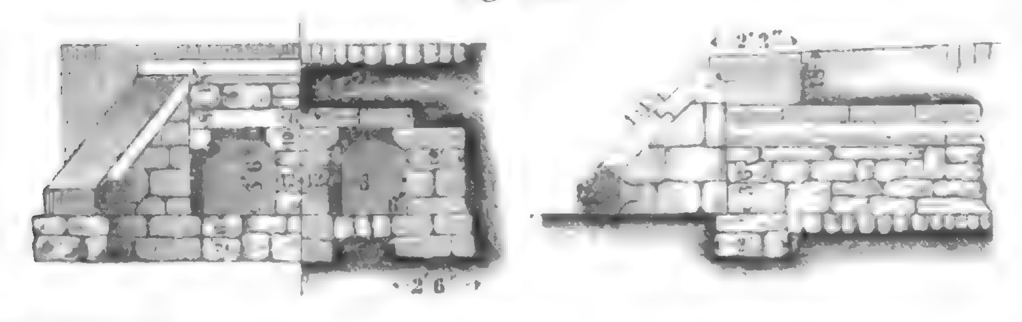


Fig. 150.



[1]) Söhlke, Chausseebrücken in Holzbau. Notizblatt des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins, Band I, 1851 — 52.

3) mit kreisförmigem oder ovalem Querschnitt herzustellen.

(§. 220.) Ein Plattendurchlass erhält nach der abzuführenden Wassermenge eine oder mehre Oeffnungen. Jede Oeffnung darf höchstens 3 Fuss lichte Weite und 4 Fuss Höhe haben (6 — 8zöll. Platten). Die Mittelwand gekuppelter Durchlässe muss mindestens 8 Zoll stark sein. (Fig. 148).

(§. 221.) Durchlässe aus Wangenmauern, mit Platten überdeckt, können bei zuverlässiger Tragfähigkeit der Decksteine in einer lichten Weite von 6 Fuss ausgeführt werden; (12zöll. Platte).

(§. 222.) Kreisförmige Durchlässe erhalten eine lichte Weite von höchstens 2 Fuss, ovale Durchlässe eine lichte Weite von höchstens 2½ Fuss (1 Stein stark).

(§. 123.) Zwischen der Oberfläche der Decke der in §. 219 bezeichneten Durchlässe und dem tiefsten Punkt der Steinbahnunterkante soll eine Erd- oder Sandschicht von mindestens 3 Zoll Stärke bei Steinschlagbahn, und 6 Zoll bei Pflaster gebracht werden. Wo diese Höhe nicht zu erreichen, kann die Sandschicht unter dem Pflaster ausnahmsweise bis auf 3 Zoll ermässigt werden.

§. 224. Für Durchlässe bis zu 150 □Zoll Querschnitt im Lichten sind gute Thonröhren oder Drains zulässig. Weite der einzelnen Röhren nicht unter 4 Zoll Durchmesser; auch darf kein Durchlass aus mehr als 3 Röhrenzügen bestehen.

§. 225. Der höchste Punkt dieser Röhrendurchlässe soll 3 Fuss unter der Kronenkante liegen; ausnahmsweise bis auf 1½ Fuss zu beschränken, wenn die Röhren in dieser Lage gegen Beschädigung, namentlich durch Frost, sicher sind.

(§. 226.) Durchlässe können auch von eisernen Röhren hergestellt werden, wenn dies mit Rücksicht auf den Kostenaufwand zulässig ist.

(§. 227.) Hölzerne Durchlässe sind stattnehmig 1) wo sie stets unter Wasser liegen, 2) in Moor und Dargboden.

(§. 228.) Ist für Anlegung eines Durchlasses ausreichende Höhe nicht zu gewinnen, so ist eine bedeckte Gosse anzulegen. Die Deckenoberfläche dieser Gosse muss in der Fläche der Strasse liegen.

(§. 229.) Die innere Wölbung massiver Brücken soll eine Kreislinie bilden; Pfeil derselben in der Regel nicht weniger als $^1/_8$, ausnahmsweise $^1/_{12}$ der Spannweite. Bei genügender Höhe Halbkreis.

(§. 230.) Rücken und Winkel der Brückengewölbe sind in ihrer ganzen Ausdehnung, die obere Fläche der Widerlager so weit nöthig wasserdicht abzudecken, gewöhnlich mit zwei platt gelegten Backsteinschichten, darüber Asphalt in zwei Lagen à ¼ Zoll stark; kein Thon darüber, sondern durchlässiges Material. Die Häupter zu asphaltiren oder mit Goudron zu streichen. Das von zwei benachbarten Gewölbehälften auf der Mitte des Pfeilers zusammenfliessende Wasser ist durch einen Sammelcanal abzuleiten, welcher nicht an den Stirnen, sondern an der innern Gewölbefläche ausmündet, das gusseiserne Rohr nach aussen etwas erweitert, damit die Eispfropfen beim Schmelzen herausfallen.

(§. 231.) Die Materialien sollen nach Widerstandsfähigkeit und Dauerhaftigkeit dem Zwecke ihrer Verwendung entsprechen.

(§. 233.) Bei Feststellung der Dimensionen von Brücken ist die **permanente** Last (Eigenlast) und die **vorübergehende** (mobile, fremde) Belastung zu ermitteln.

(§. 234.) Bei Ermittelung der **Eigenlast** sind folgende Gewichte pro Cubikfuss hannov. anzunehmen, in Zollpfunden:

1) Schmiedeisen 385
2) Gusseisen 360
3) Quader:
   a. aus Granit 135
   b. Kalkstein 130
   c. Sandstein 120
4) für Mauerwerk:
   a. Bruchsteine .... 110—120
   b. Ziegelsteine 80
5) für den Körper einer Steinpflasterbahn ohne deren Unterbettung:
   a. aus behauenen natürlichen Steinen 120
   b. aus Klinkern 105
6) für Sandbettung 90
7) für Erdschüttung 80
8) den Körper einer Steinschlagbahn 100
9) Eichenholz 40
10) Nadelholz 30

(§. 235.) Als **vorübergehende** Last sind: entweder für jeden **Quadratfuss** der **zwischen** den Geländern liegenden Brückenbahn unter gewöhnlichen Verhältnissen 50 Pfund, unter besonderen Verhältnissen 65 Pfund (Menschengedränge $1/2$ Mann pro □Fuss), oder: ein auf der **Mitte** der Spannweite ruhender Druck von 140 Centnern (Chausseewalze mit Bespannung) zu rechnen, und es ist stets die **stärkste** dieser beiden Belastungen anzunehmen. Auf wie viele Balken sich der Druck der Walze vertheilt, dies hängt freilich von der Stärke der Bebohlung ab, eine feste Steinbahn wird günstigere Vertheilung bewirken.

(§. 236.) Für den **sicheren** Widerstand solcher Hölzer mit rechteckigem Querschnitt, welche **mit ihren Enden frei aufliegen und in der Mitte** mit Q **Pfunden** belastet sind — daher bei gleichförmig vertheilter Last **die Hälfte** als **in der Mitte** wirksam anzunehmen ist — ist zu setzen:

$$Q = 2/3 \frac{p b h^2}{l};$$

worin p den Festigkeitscoefficienten pro Quadratzoll in Pfunden, h die Höhe, b die Breite und l die Länge des Balkens, auf welcher er **frei liegt**, Alles in Zollen, bedeuten. Für Eichenholz ist p = 700 Pfund, für Tannenholz p = 500 Pfund gesetzt (mit Rücksicht auf die Dauer; in vielen Fällen ist p = 800 Pfund, oder etwa 10fache Sicherheit gegen Bruch bei beiden Holzarten zulässig), und man erhält für:

$$\text{Eichenholz 1) } Q = 466 \frac{b h^2}{l}$$

$$\text{Tannenholz 2) } Q = 333 \frac{b h^2}{l};$$

für **runde** Hölzer, wenn d der Durchmesser in Zollen ist:

$$Q = 0{,}393 \frac{p d^3}{l}, \text{ also}$$

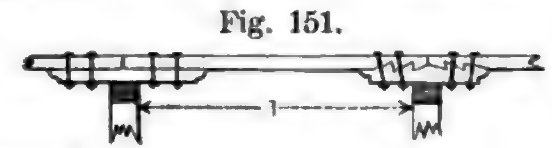
$$\text{für Eichenholz 3) } Q = \frac{275\, d^3}{l}$$

$$\text{Tannenholz 4) } Q = \frac{200\, d^3}{l}.$$

Selbstredend ist in Q die halbe Eigenlast und halbe mobile Last pro Balken, oder statt letzterer der entsprechende Antheil eines Balkens am ganzen Gewicht der erwähnten Chausseewalze enthalten.

(§. 237.) Für die Tragfähigkeit der Balken, welche über dem Jochholme (Tragpfeiler) zusammenstossen und an beiden Enden mit Sätteln verkämmt oder verschränkt sind (Fig. 151)

Fig. 151.



ist annähernd zu setzen für

$$\text{Eichenholz 5) } Q = 700 \frac{b h^2}{l},$$

$$\text{Tannenholz 6) } Q = 500 \frac{b h^2}{l};$$

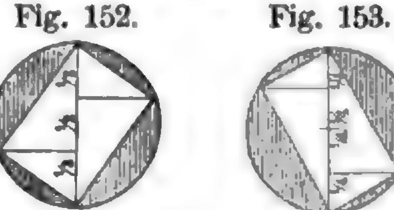
und für Rundhölzer

$$\text{Eichenholz 7) } Q = 412 \frac{d^3}{l},$$

$$\text{Tannenholz 8) } Q = 300 \frac{d^3}{l};$$

dabei soll aber das Sattelholz die gehörige Stärke, wenigstens gleich der des Balkens (meistens 12 bis 14 Zoll) haben und an jeder Seite nicht über 7 Fuss, wenigstens aber $^1/_4$ der Weite in die Lichtöffnung hineinreichen oder freien Ueberstand haben. Die Balken legt man gewöhnlich $2^1/_2$ Fuss bis $3^1/_2$ Fuss von Mitte zu Mitte und macht sie etwa 12 bis 14 Zoll hoch. Aus Rundholz, einstämmig geschnitten, hat ein kantiges Holz die grösste Tragkraft, wenn sich die Höhe zur Breite wie $\sqrt{2} : \sqrt{1}$ oder nahe wie 7 : 5 verhält (Fig. 152). Die geringste Durchbiegung (oder ein Maximum für $\frac{b h^3}{12}$), wenn man dies Verhältniss wie $\sqrt{3} : \sqrt{1}$, oder nahe wie 7 : 4 macht[1]) (Fig. 153). Man pflegt

Fig. 152. Fig. 153.



mit einfachen Balken bis 20 Fuss Lichtweite, mit Balken und Sattelhölzern bis 30 Fuss zu gehen. Bei verzahnten, verdübbelten oder verschränkten Trägern nimmt man nur $^3/_4$ der oben angegebenen Coefficienten. Bei grösseren Weiten

---

[1]) Weissbach, Ingenieurmechanik I. Theil, 4. Aufl. pag. 401 etc.

wendet man Sprengwerke, doppelte Sprengwerke etc. an. Dimensionen von Eisenbahnbrücken, welche, wenn man die Binder $3^1/_2$ Fuss von Mitte zu Mitte legt und die Hölzer etwa 15 Procent in den Stärkedimensionen schwächer macht, auch für Chausseebrücken passen, finden sich in der Zeitschrift des Arch.- und Ing.-Vereins f. d. Königr. Hannover. Bd. VII. Hft. 3. 1861, von Göring.

Ist bei den Endöffnungen, wo man auf den Widerlagern ein Sattelholz nicht anbringt, der Balken also nur an einem Ende mit dem Sattel verbunden, so ist entweder bei gleicher Balkenstärke mit denen der Mittelöffnungen, die Endöffnung um die Länge eines Sattelarms ($^1/_4$ l) zu verengen, oder wenn die Weite l bleiben soll, ist der Balken entsprechend zu verstärken, und nach den Formeln 1 bis 4, als auf $^3/_4$ l freiliegend, zu berechnen. Man erhält dann für die Balken dieser Oeffnung, z. B. für:

$$\text{Eichenholz 1a)}\ Q = 621\ \frac{bh^2}{l},$$

$$\text{Tannenholz 2a)}\ Q = 444\ \frac{bh^2}{l}\ \text{u. s. w.}$$

Diese Formeln sind nur annähernd richtig, für die Praxis aber genügend. Runde Hölzer sind, wenn mit fäulnisswidrigen Substanzen imprägnirt, zu empfehlen und sind in den vorstehenden, der Theorie entnommenen Formeln etwas zu ungünstig berechnet, da sie, weil das Beschneiden den Zusammenhang der äussersten Fasern, am meisten bei nicht immer gerade gewachsenen Hölzern (Eichenholz), unterbricht, aus diesem Grunde im Vortheil sind. Dagegen fault bei nicht präparirten Hölzern der Splint leicht.

Fig. 154 zeigt die gebräuchliche Anordnung einer Balkenbrücke für Chausseen.

Beispiel der Berechnung einer Balkenbrücke.

Die etwa 1817—1820 erbaute, ganz hölzerne Brücke über die Este in der Harburg-Celler Chaussee, hinter Welle, hatte 5 eichene $^9/_{10}$ Zoll starke Balken bei 20 Fuss lichter Weite. Die Sattelhölzer waren so gut wie wirkungslos, da in Folge der vielfältigen Durchbiegungen der Balken etwa 1 Zoll weite Fugen zwischen Sattel und Balken vorhanden waren. Sie hat bis 1859 ausgedauert, doch sind in den letzten 5 Jahren hinhältliche Unterstützungen der Balken vorgenommen. 16 Fuss breite und 4 Zoll starke Bebohlung, ursprünglich Spurbohlen, später Klotzpflaster-Fahrbahn mit hölzernem Geländer. Demnach kommen folgende Belastungen vor:

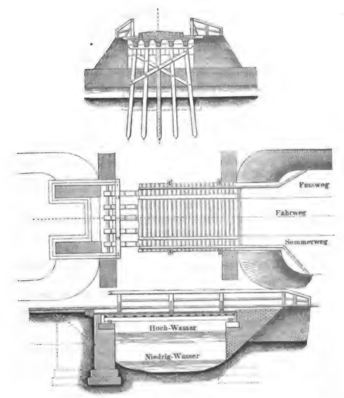
1) Todte Last oder Eigenlast der Brücke: 5 . 20 = 100 Fuss Balken
   à $^{90}/_{144}$ Cubikfuss = ... 62,5 Cubikfuss,
   16 . 20 = 320 □ Fuss 4zöllige Bohlen .... 106,66 „
   320 □ Fuss Klotzpflasterung, incl. Schwellen, durchschnittlich 8 Zoll stark .... 213,33 „
   40 laufende Fuss Geländer, etwa à $^1/_2$ Cubikfuss... 20,00 „
   402,49 Cubikfuss,

setze 403 Cubikfuss à 40 Pfund = 16120 Pfund.

2) **Mobile Last** hat schon über 65 Pfund pro □Fuss betragen, also 65 . 16 . 20 = ... 20800 Pfund.

Zusammen 36920 Pfund Belastung.

Fig. 154.



Jeder Balken hatte also genau genug gleichmässig vertheilt zu tragen $\frac{36920}{5}$ = 7384 Pfund, oder die halbe Last in der Mitte: 3692 Pfund, bringt dieselbe Inanspruchnahme hervor.

Nach der Formel $Q = 466 \frac{bh^2}{l}$ könnte er nur mit gehöriger Sicherheit tragen:

$$\frac{466 . 9 . 100}{20 . 12} = 1747 \text{ Pfund},$$

und nimmt man die Breite gleich der Höhe, so hätte man die Stärke der Balken

$$h^3 = \frac{Q\,l}{466},$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{Q\,l}{466}} = \sqrt[3]{\frac{3692 \,.\, 240}{466}}$$

$$\sqrt[3]{1901} = 12{,}38 \text{ Zoll im Quadrat}\cdot$$

Hiernach geben die Formeln der hann. Instruction sehr reichliche Stärken.

Gebräuchliche Dimensionen von Balkenbrücken (Fig. 155a, 155b, 155c). a. Durchzug $^7/_8$ "□, alle 6 – 8 Fuss zu legen, über den Balkendeckbohlen auszuschneiden; b. Brückenbohlen $^4/_8$", mit $^1/_2$ — $^3/_4$" Fugen, über der Balken-

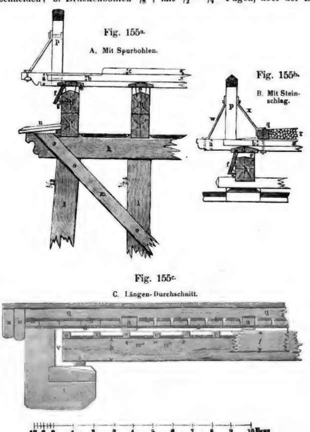


Fig. 155a. A. Mit Spurbohlen.

Fig. 155b. B. Mit Steinschlag.

Fig. 155c. C. Längen-Durchschnitt.

kammer (dem Auflager) geschlossene Bohlen, 12—18″ breit; c. Spurbohlen $^{3}/_{12}$″, geschlossen gelegt; d. Balkendeckbohle 3″ hoch, an jeder Seite $1^{1}/_{2}$″ Ueberstand über die Balken; e. Knaggen zur Auflage für Deckbohle, an den Enden $^{3}/_{3}$″□: f. Schutzbrett für Ortbalken 2″ stark; g. Knaggen zur Befestigung derselben; h. Balken $^{10}/_{14}$″, oben abgedacht; i. Sattelhölzer $^{10}/_{14}$″; k. Holm $^{14}/_{14}$″; l. Pfähle $^{14}/_{14}$″, bei 6 Pfählen die beiden mittlern lothrecht, die anderen mit $^{1}/_{24}$ resp. $^{1}/_{12}$ Neigung; m. Schwert oder Kreuzgurte $^{6}/_{8}$″ und 2″ mit den Pfählen überschnitten, ovale Bolzenlöcher wegen Setzen des Oberbaues; n. Schutzbrett für das überstehende Holmende, 3″ stark; o. Knaggen 2″□ stark; p. Geländerständer $^{6}/_{6}$″□, in die Durchzüge einzulassen, Zapfenloch schräg zu ächseln und zur Ableitung des Wassers zu durchbohren; q. Rahmholz $^{6}/_{6}$″□, wenn statt der Spurbohlen ein Steinschlag, Theerconcret oder Asphaltbahn genommen wird; r. Steinschlag; s. Mauerlatte $^{6}/_{6}$″; t. Ufermauer; u. zwei Reihen behauene Pflastersteine; v. Balkenkammer 4″ weit; w. und x. Hinterband und Radstoss (letzterer bleibt besser fort). Bei B und C sind die Durchzüge, mindestens um 1 Zoll in der Oberkante höher als die Spurbohlen, um die Rahmhölzer damit überschneiden zu können und auch um Verschieben der Steinbahn auf den Bohlen zu verhüten.

(Fig. 156.) Construction für hölzerne Brücken mit Trottoir, welches über die Fahrbahn zu erhöhen ist. Lässt man die Trottoirbohlen die Geländersäulen umfassen, so befestigt dies den Stand der lezteren; die übrigen Trottoirbohlen können kürzer sein.

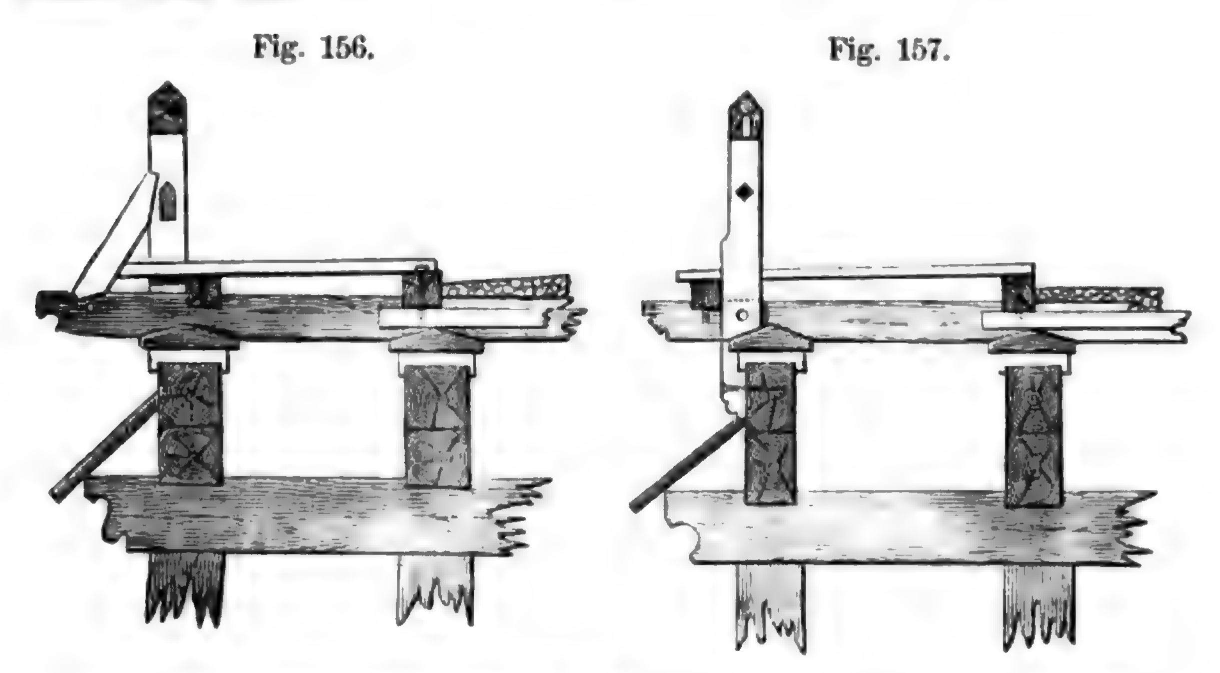
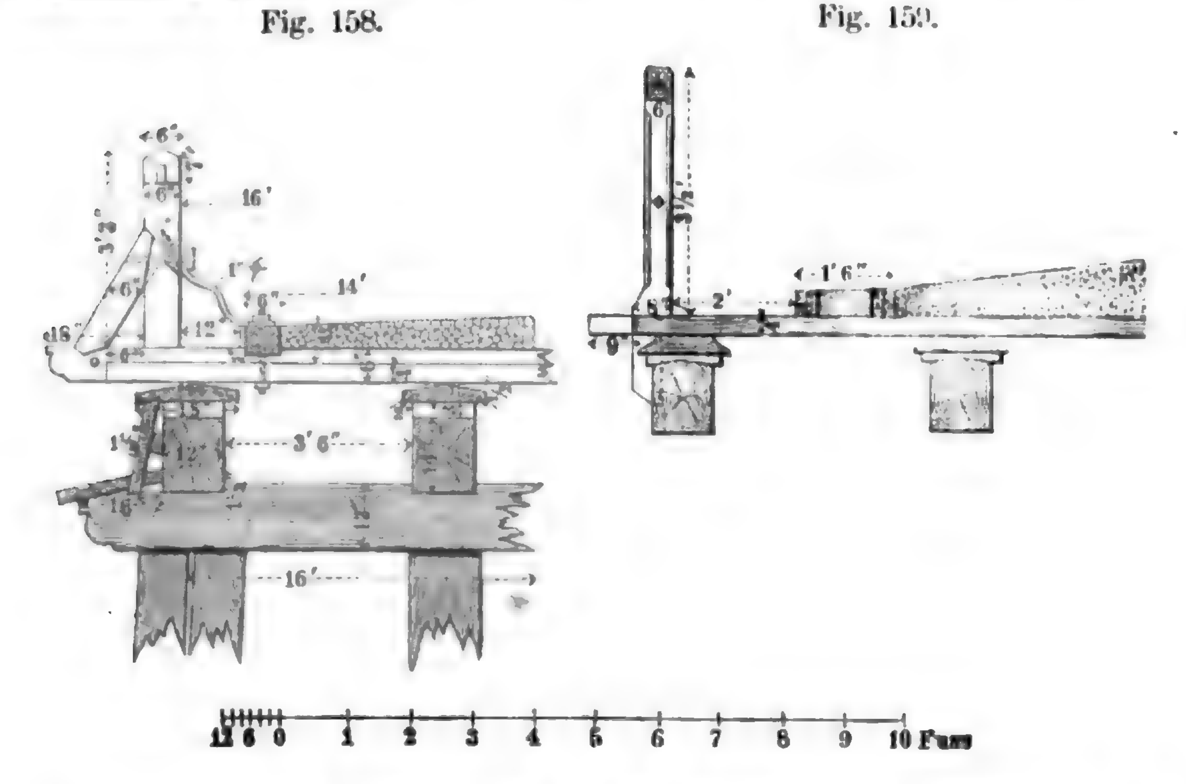


Fig. 156. Fig. 157.

(Fig. 157.) Construction, wobei die Hinterbänder vermieden werden. Die Geländersäulen gehen zwischen den doppelten (zangenförmigen) Durchzügen durch, treten stumpf auf die Deckbohle, wo sie allenfalls mit einem Winkeleisen befestigt werden können, und greifen mit einer Lasche an dem Balken hinunter.

Fig. 158 und 159 geben noch einige Constructionen, die letzte im Braunschweigschen gebräuchlich.

Fig. 158. Fig. 159.



Uebrigens ist bei Brücken Holz an der Oberfläche der Fahrbahn nur, so weit unvermeidlich, zu verwenden und die Brückenbahnen sind so einzurichten, dass sie leicht abtrocknen und das Wasser genügend und sicher abgeleitet wird.

(§. 238.) Im Allgemeinen ist (abgesehen von Gewölben) von der Zerdrückungsfestigkeit: bei Quadern $^1/_{10}$ — $^1/_{15}$, bei Mauerwerk $^1/_{20}$ — $^1/_{30}$, bei Holz $^1/_{10}$ (800 Pfund pro □ Zoll hann.), bei Eisen $^1/_6$ (7—9000 Pfund) zu rechnen. Doch sind die Umstände, ob die Construction von kurzer oder langer Dauer, ob ruhende oder bewegte Last vorkommt u. s. w., in jedem einzelnen Falle sorgfältig zu erwägen und ausser der Festigkeit kommen, je nach der Verwendung, die übrigen Eigenschaften jeder Materialsorte in Frage.

(§. 239.) Gewölbe. Bei gleichem Material ist der zulässige Druck pro Flächeneinheit um so grösser, je stärker das Gewölbe ist (50—100 Pfund pro □ Zoll). Empirische Formeln für Gewölbe und Widerlager nebst Beispielen und Tabellen im Anhange.

Stärke der Pfeiler. Am Kämpfer im Allgemeinen 1 Fuss + der doppelten Gewölbstärke; bei hohen Pfeilern, starkem Eisgang etc. jedoch stärker. Mit $^1/_{24}$ — $^1/_{36}$ zu dossiren. Gewöhnlich schwankt der Druck pro □ Zoll hannov. zwischen 70 — 100 Pfund. — Bei hölzernen und eisernen Brücken Dicke der Pfeiler am Auflager etwa 3 Fuss + $^1/_{10}$ der ganzen Pfeilerhöhe. $^1/_{24}$ Dossirung. Ausgeführte Beispiele dienen zur Vergleichung. — Specielles im Brückenbau.

I. Stützmauern.

(§. 258.) Nur dann anzulegen, wenn sie durch die Nothwendigkeit, oder durch Rücksicht auf Kostenersparniss geboten sind.

(§. 259.) Beschaffenheit des Bodens und des verfügbaren Mauermaterials zu berücksichtigen.

(§. 260.) Für in Mörtel hergestellte Stützmauern ohne Ueberdruck folgende Regel: Von der Länge der Hypothenuse ab eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen lothrechte Kathete bc gleich ist der Höhe der Mauer über dem Fundamente, dessen Basis ac gleich der dieser Höhe entsprechenden Ausladung der natürlichen Erdböschung, (Fig. 160) soll die obere Mauerdicke betragen bei hinten lothrechten Mauern:

$^1/_5$ bis $^1/_6$, wenn Stirnseite der Mauer lothrecht,
$^1/_6$ bis $^1/_7$, wenn Vorderseite bis $^1/_{12}$ Anlauf,
$^1/_7$ bis $^1/_8$, wenn $^1/_{12}$ bis $^1/_8$ Anlauf,
$^1/_8$ bis $^1/_9$, wenn $^1/_8$ bis $^1/_6$ Anlauf.

Obere Mauerdicke nicht unter 2 Fuss. Böschungswinkel φ sehr unbestimmt zwischen 20—50°. Stampfen der Hinterfüllung in von der Mauer abfallenden Schichten.

Mittlere Stärke der Mauer bis zu $^1/_2$ der Höhe, wenn Zusammenhang der gestützten Erde durch Nässe aufgehoben werden kann. In Felsen mit Hinterseite der Mauer nicht einbinden.

Nach Belidor die obere Dicke einer mit $^1/_8$ geböschten Stützmauer, hinten vertikal, $d = (0{,}267 - 0{,}00103\ H)\ H$.

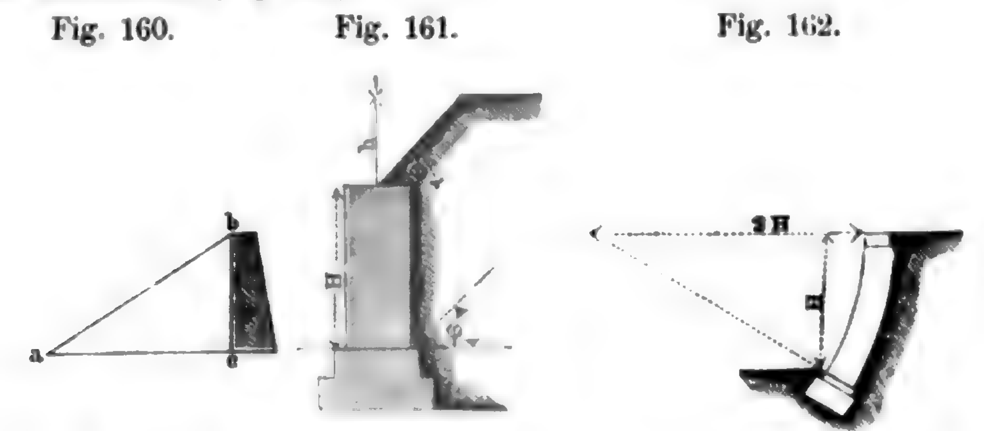
Nach Schwarz: Wenn $\varphi = 30^0$ angenommen, und Reibungscoefficient zwischen der Mauer und der Erde, worauf sie steht, $= ^2/_3$, so erhält man für Mauer mit vertikaler Vorder- und Hinterfläche, wenn H die Mauerhöhe, h die Höhe der Hinterfüllung über der Mauerkrone, welche mit der natürlichen

Werthe von h.	Stärke der Mauer unter Voraussetzung der Stabilität gegen		Wirklich nöthige Stärke.
	Drehung	Gleiten.	
$h = 0$	$^1/_3$ H	$^1/_4$ H	$^1/_3$ H
$h = \frac{H}{4}$	0,39 H	0,35 H	0,39 H
$h = \frac{H}{2}$	0,12 H	0,10 H	0,12 H
$h = H$	0,15 H	0,16 H	0,16 H
$h = 2H$	0,47 H	0,50 H	0,50 H
$h = \infty$	0,50 H	0,562 H	0,562 H.

Böschung abfällt, einerlei (für die Praxis), wo der Fuss der Böschung auf der Mauerkrone sich befindet, vorstehende Tabelle[1]). (Fig. 161).

Wenn die Mauern vorn mit $1/n$ geböscht werden, vermindert sich der Coefficient der vierten Verticalcolumne um $\frac{0{,}36}{n}$, indessen müssen Mauern, wobei die Stabilität gegen das Gleiten, also nur ihr Gewicht in Frage kommt, auch wenn sie geböscht sind, gleichen Querschnitt in Quadratfussen behalten. Z. B. vertikale Mauern, ohne Ueberschüttung, von 30 Fuss Höhe $= 1/3 . 30 = 10$ Fuss stark: wenn $1/12$ geböscht $(0{,}33 - \frac{0{,}36}{12}) . 30 = 0{,}3 . 30 = 9$ Fuss, also unten $10{,}25$, oben $7{,}75$ Fuss stark. Dieselbe Höhe mit 30 Fuss Erdüberhöhung, erfordert $0{,}46 . 30 = 13{,}8$ Fuss und wenn $1/12$ geböscht, unten $15{,}05$, oben $12{,}55$ Fuss. Gekrümmte Mauern: Stärke $= 1/5$ H, Halbmesser $= 2$ H, Mittelpunkt in Horizontale der Mauerkrone (Fig. 162).

Fig. 160. Fig. 161. Fig. 162.



Fuss der Mauer genügend tief, wenn es angeht normal gegen die Böschung der Vorderfläche, ebenso die Fugen. Hinterseite wo möglich schlicht, sonst viele und kleine Abtreppungen; für Wasserabfluss sorgen. Mit Thon hinterstampfen nicht erforderlich, besser durchlässiges Material hinter der Mauer.

Brückenflügelmauern erhalten $1/3$ ihrer Höhe an der betreffenden Stelle der Dossirung zur mittleren Stärke, divergiren, im Grundriss gesehen, zweckmässig $1/3$ ihrer Länge, von der Flucht des Widerlagers gemessen, und werden überhaupt wie Futtermauern behandelt.

Trockenmauern im Allgemeinen $5/4$ bis $1\frac{1}{2}$ der Stärke der in Mörtel hergestellten; oft mit starkem Anlauf als Revetement. Empirische Regel: Obere Stärke 3 Fuss, an der Vorderseite $1/5$ bis $1/6$ Dossirung, an der Rückseite Abtreppungen von je 3 Fuss Höhe und $3/4$ Fuss Stärke.

Angegebene Dimensionen genügen auch bei mässigen Erschütterungen hinter der Mauer. Bei starken Erschütterungen nach Umständen zuzusetzen. Besondere Anordnungen von Stützmauern: Im Eisenbahnbau.

Richtiger Verband des Mauerwerks, Bruchsteine nicht auf den Spalt; Verstärkungen durch Klammern und Dübbel.

[1]) Erddrucktheorie und Futtermauerndicke von Rühlmann. Notizbl. des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. Bd. II. $18^{52}/_{53}$.

K. Befriedigungen.

Dienen zur Sicherheit der Passage und sind besonders an Stellen, wo hohe Dämme oder Anschnitte, hohe Ufer vorhanden, anzubringen. Lebendige Befriedigungen, durch Hecken, Büsche und Bäume, sind die nachhaltig billigsten.

Hecken, im Frühjahr oder Herbst angelegt, von Weissdorn, Rothbuche, Schwarz- oder Schlehdorn; auf schlechtem Boden: Birken und Haseln. Pflänzlinge klein (jährig), gesund, kräftig, frisch gerodet und eigens gezogen. 1 Fuss tiefe, 9 Zoll breite Grube, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuss von der Kronenkante; 40 — 50 Pflanzen pro lfde. Ruthe. Auch wohl mehrere, und kreuzförmig gepflanzt [1]). Zum Schutz der Hecken oft Schluchterwerk.

(§. 267.) Sind lebendige Befriedigungen nicht anzuwenden, z. B. auf steinigen Böschungen, auf unfruchtbarem Boden, an sehr steilen Hängen, wo sie keinen genügenden Schutz gewähren, so werden nach den jeweiligen örtlichen und finanziellen Verhältnissen die Befriedigungen hergestellt:

1) durch kegelförmige Schlammhaufen, 2 bis $3\frac{1}{2}$ Fuss hoch, deren Umfang sich nach der Höhe und der Beschaffenheit des Schlammes richtet. Entfernung der Haufen 8 — 16 Fuss, in Curven enger als auf geraden Strecken;

2) durch Haufen von Soden, welche, wenn einmal bewachsen, sich ziemlich gut halten;

3) durch in Lehm oder Strassenschlamm aufgemauerte Steinhaufen, von etwa 2 Fuss Breite und Höhe, bei 6 — 8 Fuss Länge; nach Umständen in kleineren (6 — 8 Fuss), oder in grösseren Abständen (8 — 20 Fuss) anzubringen; die Stärke der Ansteigung und Krümmung der Strasse, überhaupt die Gefährlichkeit der betreffenden Stelle, ist für die Entfernung maassgebend. Auch wendet man wohl mit Bogenöffnungen durchbrochene Mauern (Fig. 163) an, welche Ersparung an Material gewähren, und den Luftdurchzug und Wasserabzug nicht behindern; zur Lehre zum Aufmauern der Bögen können abgerundete Schlammhaufen dienen;

4) durch einzelne Poteaux (Prellsteine), welche 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuss von der Kronenkante, in Entfernungen von 6 bis 20 Fuss stehen. Sie werden einfach bearbeitet, stehen 2 bis $2\frac{1}{2}$ Fuss tief in der Erde und haben über der Erde etwa 3 bis 4 Fuss Höhe und etwa einen Fuss im Quadrat Stärke. Wo der Basalt in passenden Säulen vorkommt, z. B. am Rhein, dienen diese zur Befriedigung; bei Gebirgsstrassen oft die abgesprengten Steinblöcke.

5) Poteaux, durch Holme, oder Eisenstangen, beziehungsweise durch Riegel verbunden (Fig. 164);

---

[1]) Journal für Baukunst, von Crelle. 26. Band. 3. Heft. 1848. Schmidt, vom Landwegebau, über Anpflanzungen. — Der lebende Weissdorn-Spalier-Zaun, von Georg Edler von Schonk.

6) durch **eiserne Geländer**;

7) durch **durchbrochene** oder **volle Mauern**:

8) **hölzerne Befriedigungen** sind für vorübergehende Zwecke, sonst nur ausnahmsweise anzuwenden [1]). (Fig. 165ᵃ und ᵇ.)

9) **Brüstungen bei Futtermauern**. (Fig. 166.)

Fig. 163. Fig. 164.

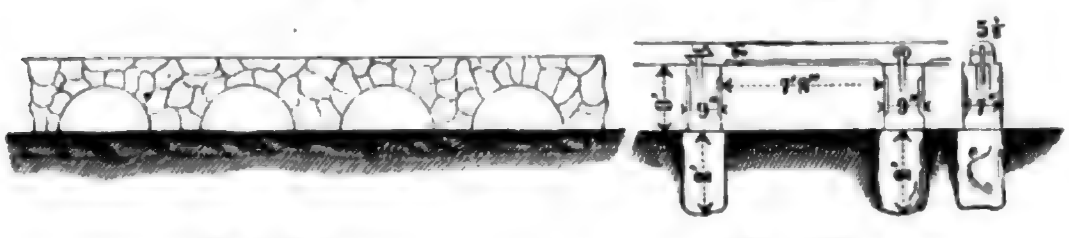


Fig. 165ᵇ. Fig. 165ᵃ.

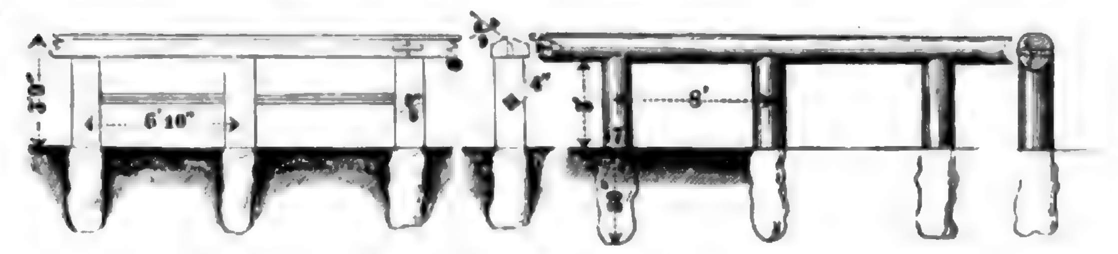
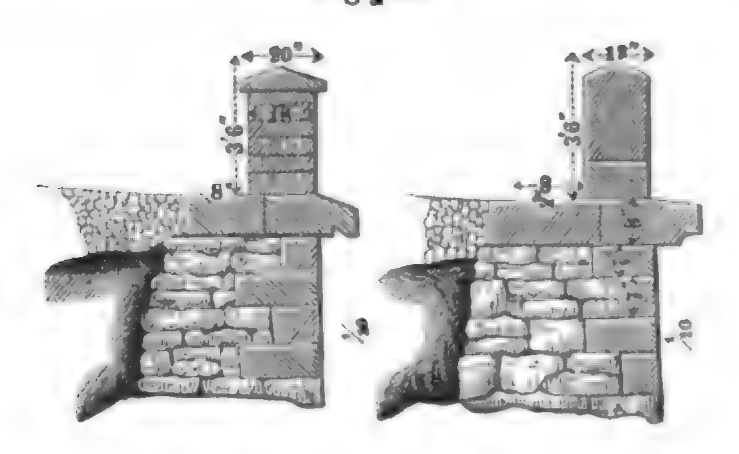


Fig. 166.



L. Baumpflanzungen [2]).

Zweck: in dunklen Nächten, bei hohem Schnee, wenn Gräben verweht

[1]) Die Wegepolizeigesetze geben Vorschriften, welche ebenfalls die Sicherheit des Verkehrs bezwecken, z. B. Bienenkörbe nicht innerhalb 20⁰ von der Chaussee aufzustellen, keine bissigen Kettenhunde in der Nähe; nicht Wäsche unmittelbar neben der Chaussee aufzuhängen; Vogel- und Scheibenschiessen nicht in der Nähe, dessgleichen nicht Flachs rotten, trocknen und boken; Strassenkoth abladen bis auf 10⁰ Entfernung verboten, Vieh abdecken bis 30⁰ Entfernung; Sicherheit bei Pulver-Transporten, Windmühlen nicht näher als 50⁰ bei einer neu erbauten Strasse anzulegen, Wasserräder an der Strasse mit Schirm oder Dach bedecken; rechts ausweichen, den Posten ausweichen; ein langsam vorfahrender Wagen muss dem rascher fahrenden ausweichen u. s. w.

[2]) Anleitung zur Bepflanzung der Chausseen mit Obstbäumen vom Wegbaumei-

sind, bei hohem Wasser etc., die Richtung anzugeben, und Schutz zu gewähren, daher stets an der inneren Grabenkante. Zugleich Zierde, und Schutz gegen zu starkes Austrocknen der Strasse.

(§. 269.) Obstbäume gewähren einen Ertrag und sind zu pflanzen, wo deren Fortkommen nach der Bodenbeschaffenheit und den klimatischen Zuständen gesichert und wo (abgesehen von der Umgebung der Erheberhäuser, wo der Erheber die Bewachung mit besorgen kann) die Bepflanzung einer Strassenstrecke von mindestens 200⁰ Länge möglich ist (weil bei zu kurzen Strecken die Bewachungskosten mit dem Ertrage in keinem richtigen Verhältnisse stehen) [1].

---

ster Söhlke in Osnabrück, Notizblatt Band III. 1853 — 54. pag. 35. — Ueber Obstbaumzucht an Chausseen und öffentlichen Wegen, besonders über Baumschulen-Anlagen, von Söhlke, Zeitschrift, Band III. 1857. pag. 48.

[1]) Ansichten eines hannoverschen Wegbaubeamten.

Bei allen schmäleren Strassen, selbst wenn die Breite noch 32 Fuss beträgt, vielmehr aber bei noch geringerer Breite derselben, kann bei einer Obstbaumpflanzung nicht genug gewarnt werden vor denjenigen Obstbaumsorten, welche in die Breite wachsen. Es sollen mit sorgfältiger Auswahl nur diejenigen Sorten angepflanzt werden, die einen aufstrebenden Wuchs haben. Meistens werden Aepfel angepflanzt, die nach einem Zeitraume von 30 Jahren so sehr in die Breite wachsen, dass die Strasse völlig beengt wird, der beste Baumschnitt hilft nichts, um die Bäume in die Höhe zu zwingen und schliesslich muss den Bäumen dermassen Gewalt angethan werden, dass dieselben verstümmelt werden und vor der Zeit absterben. Bedenkt man, welches enorme Capital in einer solchen erwachsenen Obstbaumpflanzung steckt, so erkennt man, wie wichtig es ist, dieselbe von vornherein so anzulegen, dass sie den Anforderungen bis zu ihrem Abgange entspricht. In einem einzigen Inspections-Bezirke in der Provinz Hannover sind etwa 20.000 Obstbäume, meistens jüngere, vorhanden, deren Capitalwerth nach einer Reihe von Jahren durch die grosse Rente, die sie abwerfen, mindestens 200,000 ₰ beträgt. Ursache genug, um diesen Anpflanzungen ein sorgsameres Auge zuzuwenden, als es bislang meistens geschehen ist. — Kann auch der Techniker füglich nicht noch Pomologe sein, so sollte doch jeder Wegbaubeamte, der Obstbaumpflanzungen unter Händen hat, sich von der Pomologie so viel aneignen, um ein Capital von der oben angedeuteten Grösse richtig zu verwalten.

Wenn von solchem Gesichtspunkte aus der Einsender dieses einige Beobachtungen gemacht hat, so dürften dieselben wohl der Beachtung werth sein.

Hinsichtlich der Ergiebigkeit eignen sich nach hiesigen Beobachtungen unter den Aepfeln in hervorragender Weise die Englische Winter-Gold-Parmaine und die Reinette von Orleans, und empfehlen sich beide Sorten durch den aufstrebenden Wuchs. Ueber den Luikenapfel, der $^2/_3$ der sämmtlichen Baumpflanzungen im Württembergischen ausmacht, liegen hier zu Lande noch nicht genügende Erfahrungen vor. Wenn derselbe hier gut gedeiht und sich gut verwerthet, so würde er alle Aepfelsorten überragen durch seine Ergiebigkeit, durch seinen aufstrebenden Wuchs und durch die Eigenschaft, dass er erst sehr spät in Saft tritt und daher vor dem Verfrieren geschützt ist, an welchem Uebel in den hiesigen warmen Thälern so viele Bäume zu Grunde gehen.

(§. 270.) Für Obstbäume eignet sich der Boden von Klai, Lehm, lehmigem Sand, leichtem Thon, nicht zu sterilem Kalk, Mergel oder Keuper, mit geschützter Lage, in welchem das Grundwasser nur bis 3, höchstens $2^1/_2$ Fuss unter der Oberfläche aufsteigt.

Kirschen und Zwetschen gedeihen auch auf sehr trockenem, steinigem Kalk- und Mergelboden, erstere aus Waldwildlingen, die an der Krone zu veredeln. Zwetschen tragen auf freiem Standort selten, werden leicht kernfaul oder abständig und sind von kurzer Dauer.

Wallnussbäume an Standorten, wo die Vegetation spät eintritt.

Birnbäume nur auf tiefem, warmgrundigen Boden zu ziehen.

Apfelbäume sind in der Regel, Kirschen nur in der Nähe von Orten, Birnen nur ausnahmsweise auf besonders geeignetem Boden, Wallnuss und Zwetschen in seltenen Fällen zu pflanzen. (Wallnussbäume werden nicht vom Wild angefressen; Zwetschen gedeihen meistens nur im geschützten Stande). Bei Auswahl der Sorten auf aufstrebenden Wuchs, vortheilhafte Verwerthung und klimatische Verhältnisse zu sehen, gleichzeitig reifende Sorten möglichst zusammen zu stellen; Obstbäume in der Regel im Frühjahr zu pflanzen, (damit während des Sommers fortschreiten und im Winter besser widerstehen), sonst im Herbst zu pflanzen.

(§. 271.) Obstbäume in der Regel zu beiden Seiten der Strasse, 1 bis $1^1/_2$ Fuss von der Kronenkante, kleeblattartig einander gegenüber, in der Längenrichtung der Strasse 2 Ruthen von einander entfernt zu pflanzen. Wallnussbäume 3 Ruthen entfernt, Zwetschen 1 Ruthe (à 16 Fuss hann.).

(§. 275.) Baumgruben, wenn zur Verbesserung des Bodens dies nöthig, im Herbst vor der Pflanzung 4 — 8 Fuss im Quadrat und 2 – 3 Fuss tief auszuheben und sofort wieder so auszufüllen, dass die obere Erde auf den Grund der Grube kommt. Steriler Aushub mit Grabenerde, guter Dammerde, Abraum vom Sommerweg oder den Banketts zu mischen oder dadurch zu ersetzen[1]).

(§. 276.) Baumstangen von Nadelholz, 12 Fuss lang, oben mindestens 2 Zoll stark. Zu schälen, abzuspitzen, bis 6 Zoll über der Erde ein Ende anzuflammen.

(§§. 277 — 279.) Die zu pflanzenden Stämme gesund, gut bewurzelt, gerade, $6^1/_2$ bis 8 Fuss hoch, angemessen verjüngt, unter der Krone mindestens $^3/_4$ Zoll stark; in den Baumschulen mit Schonung der Wurzeln auszuheben,

[1]) Meistens genügt es, an der Kante des Sommerwegs einen Baum um den andern durch Prellsteine zu schützen. In der Regel liegen jedoch auf dem Sommerwege zwischen den Bäumen Abraum, Erde und Unterhaltungsmaterial, wodurch oft ein hinreichender Schutz gewährt wird, so dass man Prellsteine zu setzen möglichst vermeidet.

sortenweise zusammen zu binden, zu bezeichnen, und die Wurzeln leicht mit Erde zu bedecken. Beim Transport sind die Wurzeln gegen Frost und ausdörrende Winde zu schützen und am Bestimmungsorte sofort einzuschlagen.

(§§. 280 — 283.) Im Frühjahre, sobald die Nachtfröste aufhören und die Erde trocken und locker, mit der Pflanzung zu beginnen. Die Stangen in vorgeschriebener Linie so einzutreiben, dass sie vor dem Winde, in der Regel westlich von den Bäumen stehen.

Pflanzlöcher in Baumgruben $1\frac{1}{2}$ Fuss Durchmesser und 1 Fuss tief, sonst $2\frac{1}{2}$ Fuss Durchmesser und 2 Fuss tief auszuheben. Wurzelkronen vor dem Einpflanzen zu beschneiden. Pfahl- und kreuzende Wurzeln wegzunehmen, beschädigte zu kürzen.

(§. 284.) Bäume 1 bis 2 Zoll von Stangen entfernt einzusetzen, Wurzeln radial auszubreiten, bis die Wurzelkrone in der Oberkante liegt, unter leichtem, vorsichtigen Aufziehen mit lockerer Erde zu bedecken, aber nicht durch Antreten zu befestigen.

(§. 285.) Oberkante der Wurzelkrone mit der Bodenfläche in gleicher Höhe. Bäume daher so weit überhöht zu setzen, wie sie muthmasslich sich senken werden.

(§. 286.) Gepflanzte Stämme durch langsames Eingiessen einzuschlämmen.

(§. 287.) Stangen dürfen mit Gastheer angestrichen werden, Bäume sorgfältig vor Beschmutzung mit Gastheer zu bewahren.

(§§. 288-292.) Bäume vorläufig lose mit einer Bindeweide gebunden, welche am Stamm um die Sackung überhöht liegt. Wenn der Baum sich vollständig gesenkt, wird er mit mindestens 3 Bändern in gleichen Abständen vom Boden auf, an der Stange befestigt. Band besteht aus einer Bindeweide, die mit ausgeschüttetem und angefeuchtetem Langstroh zusammengedreht ist, in der Regel nicht über $\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser. Bänder zwischen Stange und Stamm gekreuzt, Schürzen alle dieselbe, vom Baum abgewandte Richtung, und gleich lang abgeschnitten. Fläche der Baumgrube zu ebnen; Baumscheibe durch Erdrand zu bilden bei anhaltender Dürre die im Triebe zurückbleibenden Bäume zu begiessen.

Waldbäume.

(§. 293.) Waldbäume zu pflanzen, wo die für Obstbäume erforderlichen Bedingungen nicht vorliegen. Sie bilden, ehe sie die Krone ausbreiten, mehr oder weniger lange Stämme.

(§. 294.) Innerhalb der Orte und zunächst vor denselben: Linden, Ulmen und Kastanien; auf thonigem, fettlehmigem und Kalkboden: Ahorn, Eschen, Linden, Kastanien, Eichen, Buchen.

Auf gleichem, aber melirtem, trocknem Boden: Birken, Vogelbeeren, Linden, Ahorn, Ulmen, Kastanien.

Auf lehmigem, besserem Sandboden: Birken, Vogelbeeren und canadische Pappeln; Schwarzpappeln in etwas feuchter Lage, besonders in

Inundationsfeldern, Holz werthvoll und zu Utensilien gesucht. Italienische Pappel nicht so nutzbar[1]).

Auf Moorboden: Erlen, Eschen, Birken, Vogelbeeren vorzugsweise zu pflanzen.

Von Einigen wird unter den Waldbäumen vor Allem auch die Akazie empfohlen, theils wegen der Zierde und der Blüthenpracht, vor Allem aber wegen des gesuchten Holzes, welches zu Nägeln für den Schiffsbau verwendet wird.

(§§. 295 – 297.) Waldbäume sind nach den Umständen entweder rechtwinkelig einander gegenüber[2]), oder in kleeblattartigem Verband ½ bis 1½ Fuss von der Kronenkante zu setzen, in zwei Ruthen Entfernung. Für einzelne Baumarten (alle Baumarten, welche nicht das Bestreben haben, sich stark seitwärts auszudehnen, z. B. Pappeln, einige Birnbaumarten, allenfalls auch Eschen etc.) ist geringere Entfernung bis zu einer Ruthe zulässig. Pflänzlinge sollen hinreichende Höhe und Stärke haben, gut bewurzelt sein, um sich von vornherein oder doch in kurzer Zeit ohne Stange halten zu können. Wichtige Regel: den Baum wieder in natürliche Lage bringen, nicht zu tief, die Wurzelkrone in die Fläche des Bodens. Für einzubringende Setzlinge (ohne Wurzeln) sind ihrer Stärke entsprechende Oeffnungen in hinreichender Tiefe herzustellen. (Z. B. Pappeln und Weiden sind zu vervielfältigen durch abzuhauende Zweige, die man einfach in die Erde steckt, welche Pflänzlinge man Setzlinge nennt.)

M. Buschpflanzungen.

(§§. 298 – 300.) Buschpflanzungen sind anzulegen:

1) wo die, namentlich hoch liegende, Bahn gegen häufige und starke Winde zu schützen ist, besonders unter jener Voraussetzung in öden und sandigen Gegenden und neben Klinkerbahnen;

2) an den Böschungen bis zur oberen Kante, zur Sicherung und Befestigung der ersteren und der Bermen;

3) Strassenstrecken, welche Schneewehen ausgesetzt sind, dürfen nur an einer Seite mit Busch bepflanzt werden.

Zu Buschpflanzungen sind vorzugsweise Holzarten zu wählen, welche zum Schlagholzbetriebe sich eignen, z. B. Birken, Ellern, Weiden[3]), Haselnuss, Zwergeiche, Schlehen, Weiss- und Schwarzdorn, auch Buchen. Damit die Busch-

---

[1]) Pappeln werden oft durch übermässige Ausbreitung der Wurzeln den anstossenden Grundstücken, Gärten etc. unbequem, besonders gilt dies von der italienischen Pappel.

[2]) Meistens setzt man die Bäume rechtwinkelig einander gegenüber; bepflanzt man aber z. B. Fusswege mit zwei Reihen Bäumen, so setzt man die Bäume kleeblattartig, weil sie sich dann am wenigsten einander in der Ausbreitung hindern.

[3]) Zu Bäumen an Chausseen haben Weiden ein schlechtes Aussehen.

pflanzung ihren Zweck baldthunlichst erfüllt, lässt man die Pflänzlinge im ersten Jahre der Pflanzung unbeschnitten, um sie erst gehörig anwachsen zu lassen, schneidet solche jedoch im zweiten Jahre etwa ½ Fuss über der Erde ab, worauf ihr mehr Zweige entspriessen und die Pflanze buschig wird.

N. Nummer- und Meilensteine.

Eintheilung des Weges durch äusserlich sichtbare und verständliche Zeichen in Meilen à 1587½ Ruthen und in aliquote Theile derselben, zur Erleichterung des technischen Bau- und Unterhaltungsbetriebes und der Controle, im Interesse der Postverwaltung und des reisenden Publikums.

Anfangspunkte der Längentheilung in Hauptorten durch Fixpunkte (grössere bis auf Fahrbahnoberfläche einzusenkende Steine) zu bezeichnen. Bei abzweigenden Nebenwegen: Anfangspunkt des Hauptweges der Zählung zu Grunde gelegt; die Meile in $^1/_{100}$ Theile zerlegt und je nach Bedeutung des Weges in 2 oder bis zu 8 Hundertstel bezeichnet; z. B. 0,02; 0,01; . . 0,98; 1,00; oder 0,08; 0,16; . . 0,96; 1,00 [1]). Zählung in der Richtung fortschreitend, welche der officiellen Chaussee-Benennung entspricht. Zahlen und Buchstaben vertieft einzuhauen und mit schwarzer Oelfarbe anzustreichen. In der Regel Nummer- und Meilensteine an die Sommerwegseite, 3 bis 4 Zoll mit der Aussenseite von der Kronenkante entfernt; zuweilen setzt man sie auch wohl etwas vortretend, damit sie Schutz für die Bäume gewähren. In den Orten können die Abtheilungszeichen wegbleiben.

Fig. 167.

Nummerstein.

Altpreussische Meilensteine. Hannov. Meilenstein. Hannov. Nummerstein.

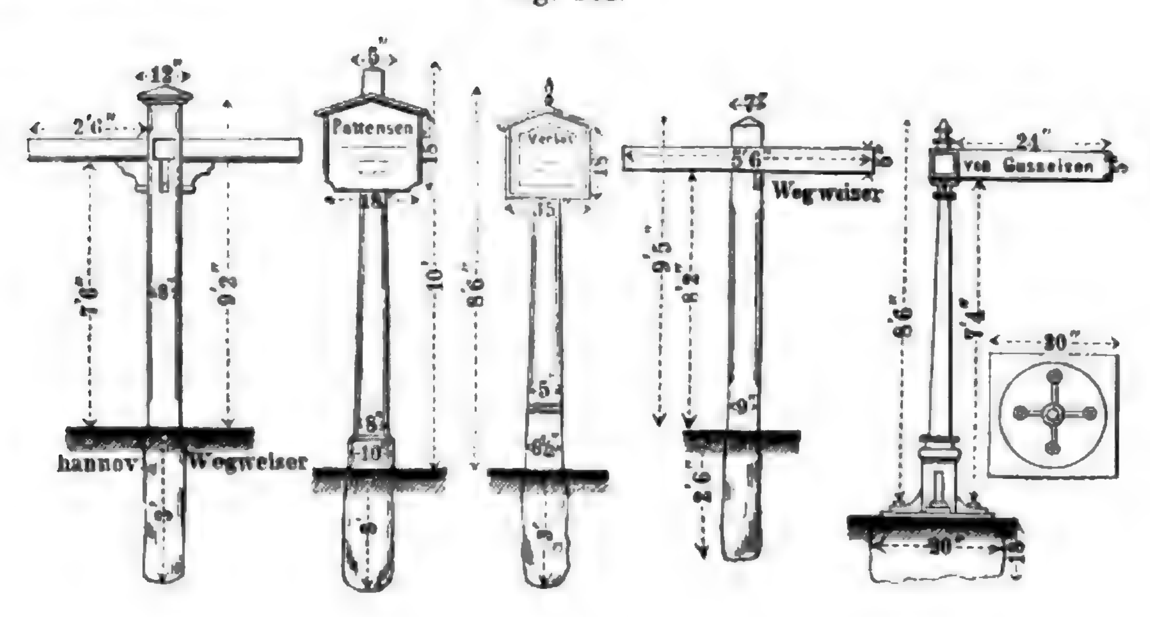
O. Wegweiser.

An den Punkten, wo sich Wege theilen, aufzustellen. Nach den verschiedenen Richtungen mit Armen versehen, welche an jeder Seite die Namen der nächsten grösseren Orte und deren Entfernung, in Meilen und bis zu ⅛ oder $^1/_{10}$ von dem Standpunkte angeben. Namen mit schwarzer Farbe auf

[1]) Auf den hannoverschen Chausseen stehen nach Verfügung vom 28. October 1850 die Nummersteine in 20 Ruthen Entfernung.

weissem Grunde. Auch durchsichtige oder erhabene Buchstaben an gusseisernen Armen.

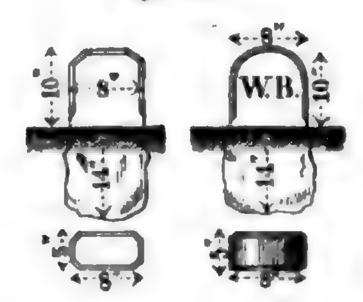
Fig. 168.



P. Grenzsteine.

Die Grenzen der Strassen mit Steinen zu bezeichnen, welche mit der äusseren Seite genau an die Grenze zu setzen, falls mit Anliegern nicht ein Anderes vereinbart. Die Stellwanne wird mit eingegrenzt.

Fig. 169.



Q. Gebäude.

Unter besonderen Umständen, wenn passende Miethwohnungen zu angemessenen Preisen nicht zu haben, für Weggelderheber oder Wegewärter. Daran Tarife für Weggeld, Plakate etc. (Fig. 170.)[1]

Man erbaut die Einnehmerhäuser an solchen Stellen, wo sie nicht leicht umgangen werden können, und stellt sie massiv aber einfach her. Zum Schutz

[1]) Ein solches Haus (Fig. 170), 1848 in der Wegbau-Inspection Lingen bei Nordhorn gebaut, enthält 954 hannov. □ Fuss Wohnräume und 340 □ Fuss Stallräume, zusammen 1294 □ Fuss. Es hat gekostet an Material 992 ₰, an Arbeitslohn 669 ₰, zusammen 1661 ₰. Die übrigen Grundrisse 170ᵃ — 170ᵉ sind in Altpreussen gebräuchlich.

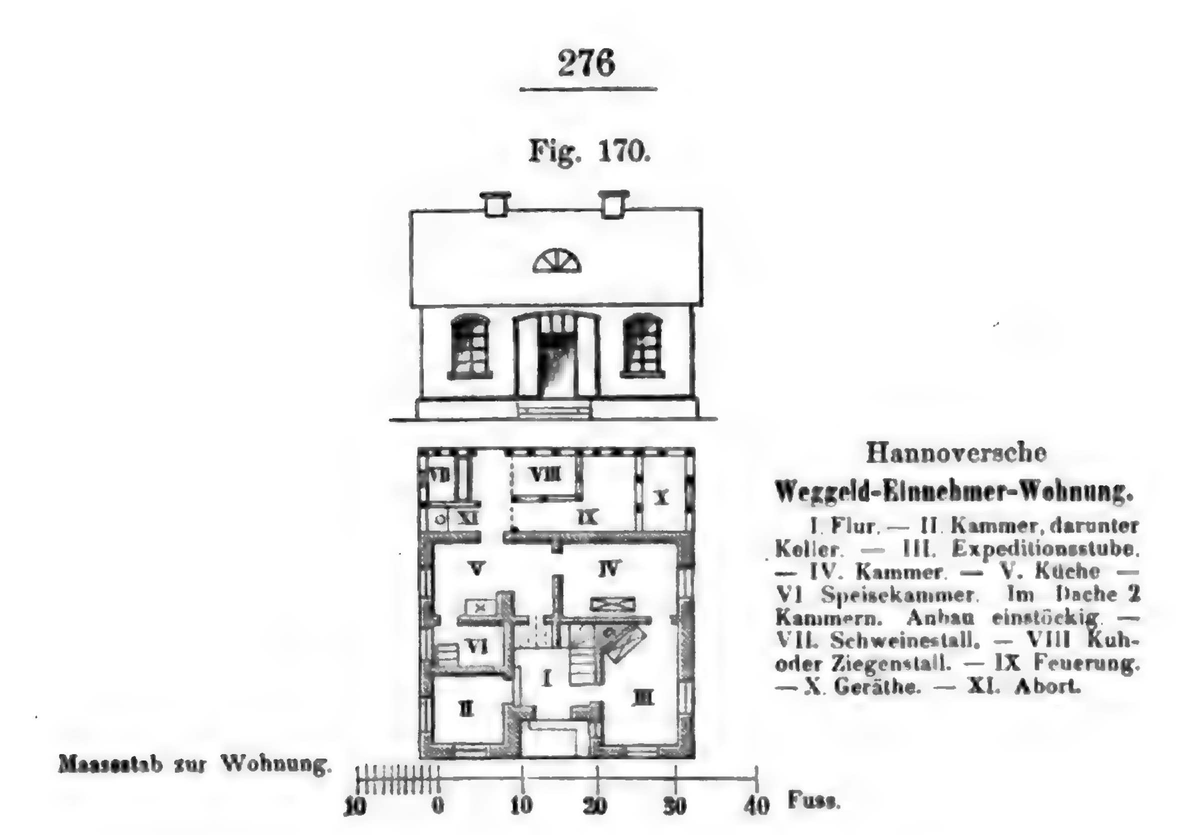


Fig. 170.

Hannoversche Weggeld-Einnehmer-Wohnung.

I. Flur. — II. Kammer, darunter Keller. — III. Expeditionsstube. — IV. Kammer. — V. Küche — VI. Speisekammer. Im Dache 2 Kammern. Anbau einstöckig. — VII. Schweinestall. — VIII Kuh- oder Ziegenstall. — IX Feuerung. — X. Geräthe. — XI. Abort.

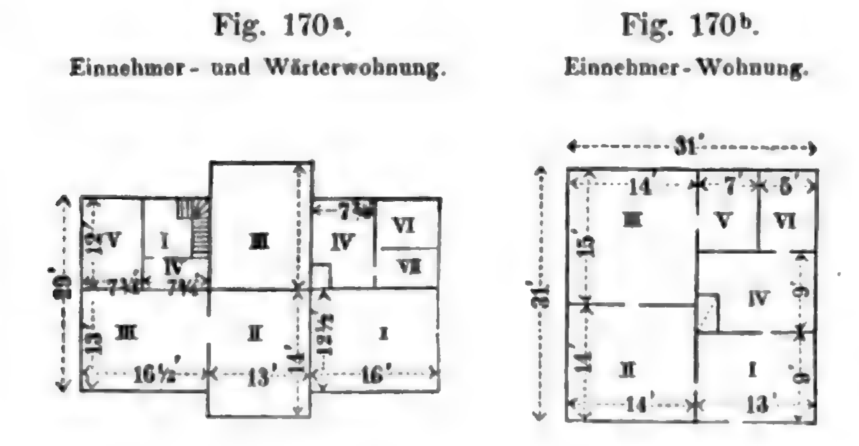


Fig. 170a. Einnehmer- und Wärterwohnung.

Fig. 170b. Einnehmer-Wohnung.

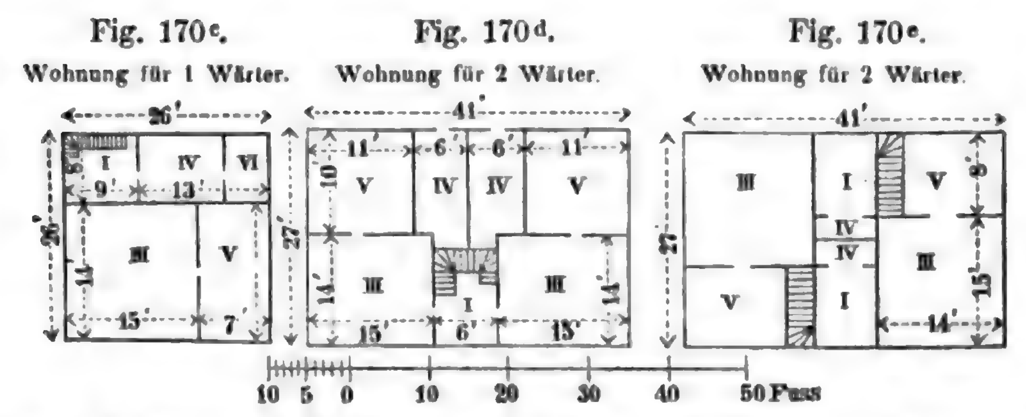


Fig. 170c. Wohnung für 1 Wärter.

Fig. 170d. Wohnung für 2 Wärter.

Fig. 170e. Wohnung für 2 Wärter.

I. Flur. — II. Expedition. — III. Wohnstube. — IV. Küche. — V. Kammer. — VI. Speisekammer. VII. Mägdekammer.

der Casse verbindet man gern mit einer Einnehmerwohnung die Wärterwohnung, auch weil eine solche combinirte Anlage billiger kommt, als zwei einzelne Wohnungen. Zur Aufbewahrung des Feuerungsmaterials und Unterbringung

des Viehes wird ein besonderes Stallgebäude erbaut. Ein Wärter bekommt im Hauptgebäude einen Keller und den Abort im Nebengebäude. Ist kein fliessendes Wasser vorhanden, so wird ein Brunnen mit Pumpe angelegt. Ausserdem gehören zu diesen Anlagen ein eingefriedigter Garten und Hof.

R. Barrièren.

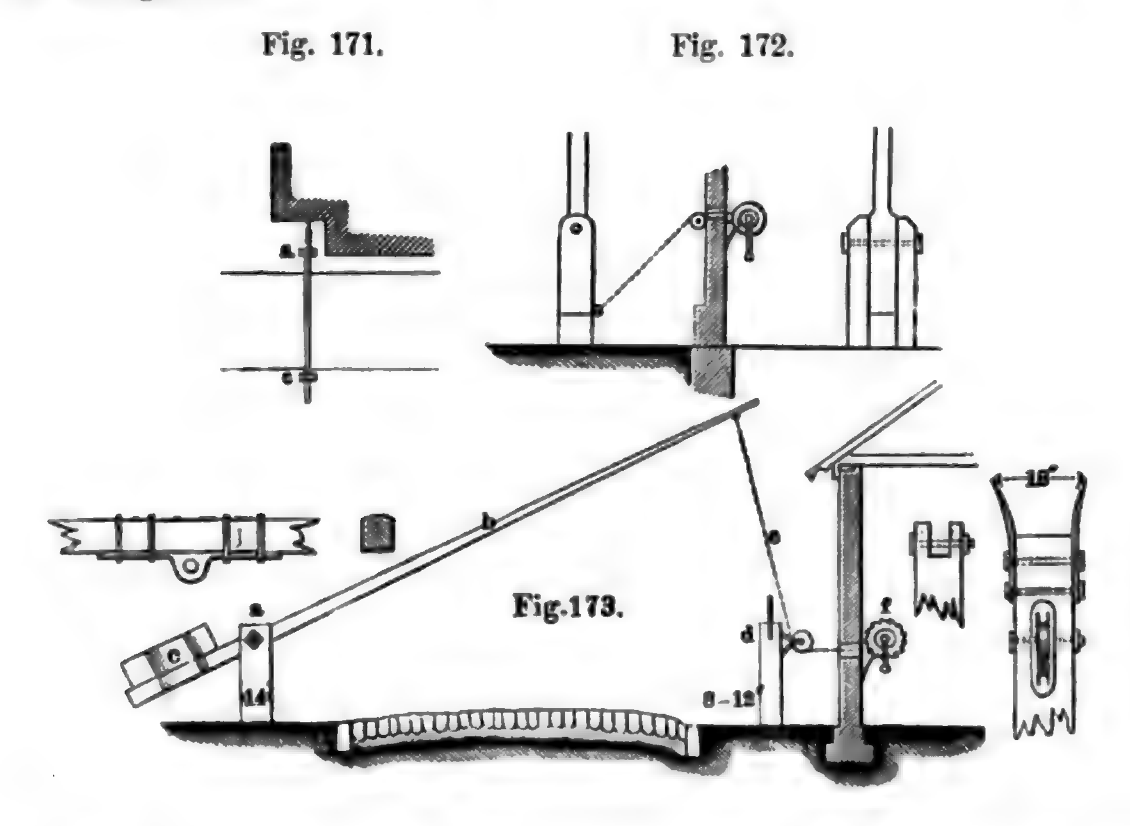
Ruhe- und Schlagpfosten in der Regel aus einem haltbaren Quader. Eichenholz nur, wenn der Pfosten der Beschädigung durch Fuhrwerk besonders ausgesetzt ist (z. B. bei stehenden Schlagbäumen). Schlagbäume aus trockenem, in der Regel einstämmigem Eichen- oder anderem harten Holze. Schlagbäume aus Nadelholz bleiben rund, nicht zu viel von äusseren Jahrringen weggearbeitet, unten 7 Zoll, oben 4 Zoll stark. Bolzen, um welche sich der Schlagbaum auf Stützpfosten dreht, an der unteren Seite des Baumes. Kette zum Schliessen: Panzerkette, in der Regel am langen Hebelarm befestigt. Die Vorrichtung zum Oeffnen und Schliessen möglichst leicht und geräuschlos zu handhaben. Die Belastung des kurzen Hebelarms in der Regel durch verschiebbare Quader. Das Holzwerk der Barrière nicht vor Ablauf eines Monats nach der Herstellung mit Oelfarbe zu streichen. An jedem Holze ein Längenstreifen von $1/_6$ des Umfanges nicht mit Farbe zu decken, beim Schlagbaum an der unteren, bei anderem Holze an von der Strasse abgewandter Seite. Bei Erneuerung des Anstrichs auch diesen Streifen zu decken.

Anordnung der Schlagbäume. Hat das Weghaus einen Vorbau, so setzt man wohl den Ruhepfosten an das Haus (Fig. 171) bei a, und den Schlagpfosten an die andere Seite bei c. Die Kette zum Aufziehen greift an dem kurzen Ende an, daher die Bewegung des Schlagbaumes rasch ist. Wenn kein Vorbau vorhanden, würde der Ruhepfosten zu weit vom Hause entfernt stehen müssen, und desshalb das Fuhrwerk nicht nahe genug vor das Haus fahren können.

Aufrecht stehende Schlagbäume, welche zwischen zwei Pfosten hängen (Fig. 172). Unten ist der Schlagbaum mit einem Kasten versehen, in dem sich die Belastung befindet, oder auch mit einem Quaderstück. Die Kette zum Aufziehen greift unten an; dabei ist nicht zu vermeiden, dass die Zugkette ungünstig, unter spitzem Winkel, angreift, wesshalb die Bewegung meistens beschwerlicher, als bei der Einrichtung mit geneigtem Schlagbaum. Gebräuchlich neben der erstgenannten ist die Einrichtung, wo der Ruhepfosten vom Hause abgekehrt steht (Fig. 173): a Ruhepfosten, b Schlagbaum 6 — 7 Zoll breit, 7 — 8 Zoll hoch, oben verjüngt 3 — 4 Zoll breit, 4 — 5 Zoll hoch; c Belastung; d Schlagpfosten; e Kette; f Walze mit Sperrrad und Kurbel. Besser ist es, den eisernen Drehzapfen auf dem Ruhepfosten a anzubringen, da sich zwischen dem gabelförmigen Ausschnitte des Ruhepfostens und dem Schlagbaume leicht Staub, Schnee und Eis ansammeln und das Holz eher verfault. Am richtigsten legt man dabei,

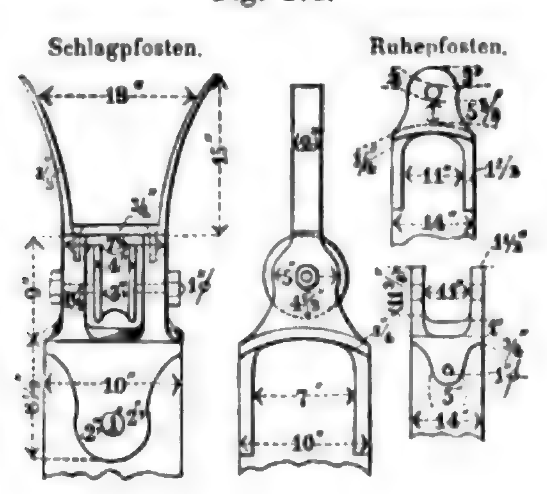
wegen gleichmässiger Bewegung, den Drehzapfen in den Schwerpunkt des ganzen Schlagbaumes.

Fig. 171. Fig. 172.



Bei steinernem Schlag- und Ruhepfosten macht man die Armirung auch wohl von Gusseisen. (Fig. 174.)

Fig. 174.

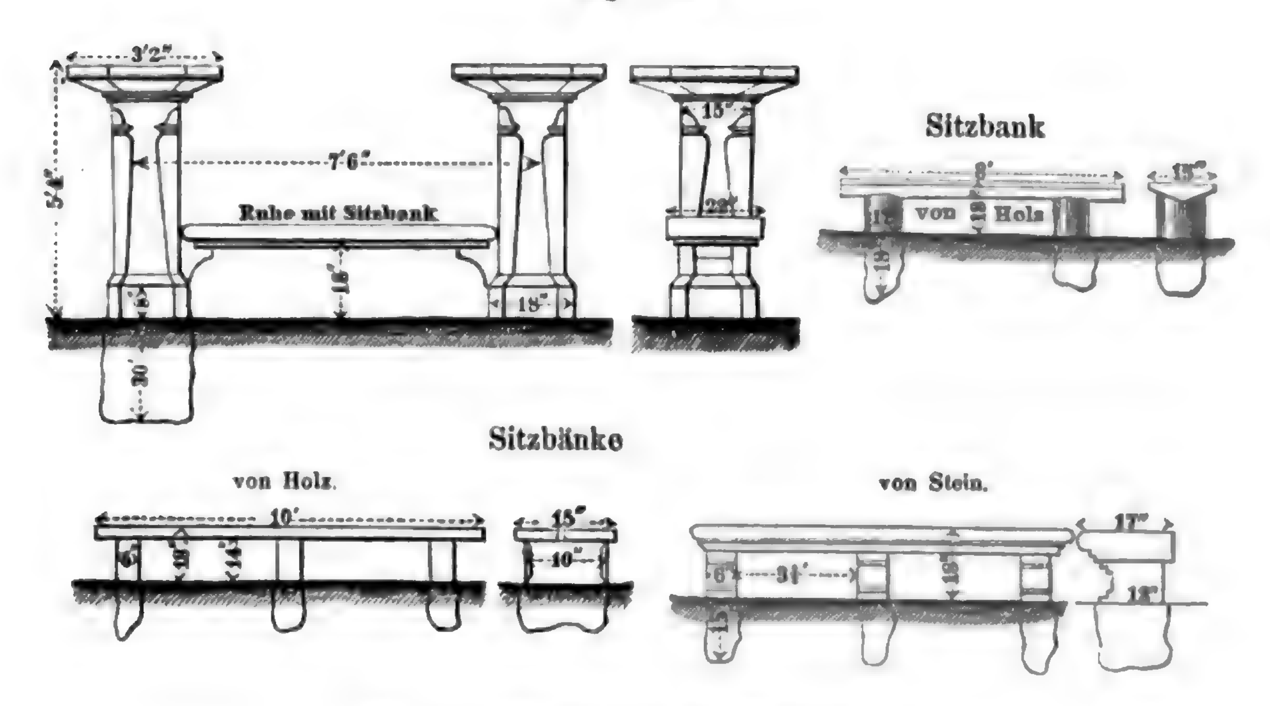


8. Sonstige Anlagen zur Bequemlichkeit der Reisenden.

Brunnen und Tränken. In Gebirgen und hügeligem Terrain, nahe Quellen aufgefangen, als Laufbrunnen an die Strasse; Tröge zum Tränken des Viehes. In der Ebene: Ziehbrunnen mit Tränktrögen. In längeren Steigen: Ruhen, worauf Fussgänger ihre Lasten setzen und dabei ausruhen

können, Bänke. Schirmdächer in öden Gegenden zum Schutz gegen Witterung.

Fig. 175.



T. Anschläge und Ausführung [1]).

Anschläge dienen als Anleitung für Ausführung und Rechnungswesen, deutlich, klar und in bündiger Kürze Alles enthaltend, was hierauf Bezug hat. Im Vorbericht wesentliche Verhältnisse der Oertlichkeit und Hauptbestandtheile des Bauwerks, wie Zubehörungen, beschrieben. Sorgfältig das wahre Bedürfniss, wie vortheilhafteste Bezugsquellen ermitteln und Bedarf an Material und Arbeit, wie Baarkosten zuverlässig angeben.

Einheitsmaasse für Material (in der Provinz Hannover): Kasten à 16 Cubikfuss, Schachtruthe à 256 Cubikfuss, Faden à 1024 Cubikfuss (= 64 Kasten).

(§. 331.) Für Baurisse und sonstige Zeichnungen folgende Maassstäbe: 1) Brücken unter 100 Fuss Weite, Durchlässe, Ufer- und Stützmauern: $^1/_{120}$ natürliche Grösse. 2) Brücken von 100 bis 200 Fuss, zu Grund- und Aufrissen: $^1/_{144}$, Specialzeichnungen von Joch- oder Bogenweiten: $^1/_{72}$. 3) Für grössere Brücken: kleinerer Maassstab. 4) Für Grundrisse, Balkenlagen, Front- und Giebelfaçaden und Durchschnitte von Gebäuden: $^1/_{100}$. 5) Zeichnungen von Geräthen, Werkzeugen, Barrièren und ähnlichen Vorrichtungen: $^1/_{18}$ natürlicher Grösse. 6) Zeichnungen einzelner Gegenstände von Gebäuden, Brücken etc. $^1/_{12}$.

In jeder Brückenzeichnung anzugeben: die Sohle des alten Wasserlaufs, und neben dem Durchschnitt der Widerlager oder Pfeiler, in einer Scala, mit eingeschriebenen Höhenzahlen: Resultate der Bodenuntersuchung, nie-

[1]) Siehe die Vorschriften über Anfertigung von Anschlägen in Hannover im Anhange II. und III.

drigster, mittler und höchster bisheriger Wasserstand, auch höchster, nach Ausführung des Brückenbaues zu erwartender Wasserstand. Wichtige Maasse einzuschreiben. Maassstab: Verhältniss zur natürlichen Grösse anzugeben.

Ausführung. Planmässig, solide und mit möglichster Kostenersparung. Richtige Benutzung der Zeit und angemessene Folge und Eintheilung der Arbeiten. Ausführung in der passendsten Jahreszeit. Bei Brückenbauten die günstigsten Wasserstände zu benutzen. Maurerarbeiten nur im Nothfall bei Frost, unter Anwendung geeigneter Maassregeln etc.

(§. 319.) Folgendes noch bei der Ausführung zu berücksichtigen:

1) Auf der festgestellten Linie sind die Kronenkanten und Böschungen des Planums sofort für die ganze in Angriff zu nehmende Strecke durch Profilpfähle zu bezeichnen. Bei tieferen An- und Einschnitten werden die Profile erst im Verlauf der Arbeit gesetzt.

2) Für die nothwendigen Geräthe, die Ausführung der Erdarbeiten und Gewinnung des Steinmaterials ist rechtzeitig zu sorgen, wenn nicht etwa die Haltung der Geräthe bei kleinen Erdarbeiten an den Unternehmer oder Schachtmeister mit verdungen wird.

3) Interimspassagen und Material-Zufuhrwege sind herzustellen, beziehungsweise auszubessern.

4) Brückenbauten sind thunlichst zu fördern; können sie nicht gleichzeitig mit dem Planum vollendet werden, so ist für Material- und sonstige Fuhren nöthigenfalls eine Interimspassage herzustellen.

5) Für Anfuhr der Steine sind thunlichst die Zeiten zu benutzen, in welchen ländliches Fuhrwerk für andere Arbeiten weniger in Anspruch genommen ist. Die Steine sind aber jedenfalls so zeitig herbeizuschaffen, dass der Bau der Steinbahn dadurch nicht verzögert wird.

6) Muss das hergestellte Planum für den Fuhrverkehr benutzt werden, so ist das Material so zu lagern, dass die Hinderung des Verkehrs thunlichst vermieden wird. Bei Anlegung von Steinschlag- und Grandbahnen ist daher in der Regel das Gestein für Borde und Grundbau auf dem Sommerwegsraume, das Gestein für den Oberbau auf dem Bankettraume abzulagern.

7) Das auf jeder Längenruthe der Strasse zu verbauende Material für Grund- und Oberbau ist, soweit die Oertlichkeit nicht entgegensteht, neben dieser Längenabtheilung aufzuruthen. Bordsteine sind in Quantitäten von einem bis drei Kasten zu lagern.

8) Die Zerkleinerung des Materials ist so rasch zu betreiben, dass dadurch keine Verzögerung im Bau veranlasst wird.

9) Die für ein Baujahr zu bauende Planumsstrecke ist (vorbehaltlich der Nachregelung), einschliesslich der Böschungen, Bermen und Gräben, so weit möglich, vor Eintritt des Winters herzustellen. Die Grabenziehung kann

jedoch, so weit sie nicht zur Wasserleitung oder Dammbildung erforderlich ist, einstweilen ausgesetzt werden.

10) Wird der Bau eines Weges in mehreren aufeinanderfolgenden Jahren ausgeführt, so ist die Steinbahn stets auf solchen Planumsstrecken herzustellen, welche im vorhergehenden Winter vollendet gelegen haben. In diesem Falle ist der Bau der Steinbahn im Frühjahre auszuführen.

11) Ist die Steinbahn vollendet, so werden die Gräben, so weit dies noch nöthig, ausgehoben und nebst Böschungen, Bermen, Sommerweg und Bankett normal geregelt; Bekleidung und Besaamung der Böschungen ist in der Regel im Herbste vorzunehmen.

12) Jeder Bau soll anschlagsmässig und planmässig vollendet zur Ausführung kommen.

13) Die Steinbahnen sind von den Hauptverkehrspunkten ab im Zusammenhange, nicht sporadisch, auf den einzelnen Abtheilungen anzulegen und für den Verkehr vollständig, Steinschlag oder Grandbahn also gewalzt, herzurichten. Sind in besonderen Fällen, behuf etwaiger Brückenbauten, oder aus anderen unabweislichen Gründen, in einer sonst fertigen Steinbahn Lücken zu lassen, so dürfen solche, wenn auch noch so kurz, dem zu eröffnenden Verkehr nicht hinderlich sein. Sie sind daher provisorisch durch Holz oder Steinmaterial, dieses gehörig consolidirt, auszufüllen.

U. Anlage- und Unterhaltungskosten von Chausseen.

Anlagekosten. Eine Meile königl. und Departements-Strassen in Frankreich 30000 bis 32000 ₰. Nach Buhot kostete der Neubau von zehn verschiedenen 8 — 10 Meter breiten Strassen (27,36 — 34,2 Fuss) pro geogr. Meile:

	Im Maximo.	Im Minimo.	Im Mittel.
Erdarbeiten...	14460 ₰	1720 ₰	4820 ₰
Steinkörper...	10980 „	3100 „	6700 „
Kunstbauten..	15220 „	—	1120 „

In Preussen 10 Zoll stark macadamisirt: 30000 ₰ pro Meile. — Amerika 8000 ₰. Kiel-Altona-Chaussee 57000 ₰. — Provinz Hannover 20000 ₰ bis 80000 ₰ (letztere Summe unten im Lande, wo Mangel an Material). Durchschnittlich $1/_5$ der Anlagekosten einer Eisenbahn.

Unterhaltung. Nach Lemasson, in Frankreich 1 Meile königl. Strasse jährlich 966 ₰, davon für Material 34 Proc.; Zerschlagen desselben 15 Proc.; Wegwärter und Tagesarbeiter 44 Proc.; Kunstarbeiten 7 Proc.

Nach Berthault Ducreux: französische, macadamisirte Strassen pro Meile:

Königliche Strassen............	900 — 1070 ₰.
Departements-Strassen..	355 — 533 „
Communal-Strassen............	133 — 222 „

Italienisches Hochland, sehr gute Strassen, 888 Thlr. — Schweiz (Waadt) 533 Thlr. bis 666 Thlr. — Düsseldorfer Regierungsbezirk, westwärts des Rheins 944 Thlr.; ostwärts, Pflaster- und Kiesstrassen (starke Frequenz und schweres Fuhrwerk) 1033 Thlr. — Hessische und Preussische Strassen ($18\frac{30}{40}$) 1100 —1200 Thlr. — Bairische Strassen 500—900 Thlr. — Würtembergische 800 Thlr. — Badische 900 Thlr. Alles pro Meile gerechnet.

Die Unterhaltungskosten sind nach Frequenz, Art des Neubaues, Lage der Strasse, Beschaffenheit der Materialien, Gewicht und Beschaffenheit der Fuhrwerke, System der Unterhaltung etc. selbstredend sehr verschieden.

Capitel IX.

Unterhaltung und Wiederherstellung der Strassen.

I. Von der Unterhaltung der Strassen [1]).

A. Allgemeines.

Die sämmtlichen Chausseen der Provinz Hannover hatten im Jahre 1862 eine Länge von etwa 365 Meilen (2710^{km}), wovon etwa 348 Meilen (2585^{km}) bereits mit Steinbahn versehen waren [2]).

Für die Verbesserung und Unterhaltung dieser besteinten Chausseen und einiger noch unchaussirten Erddämme sind pro $18^{56}/_{58}$ jährlich ungefähr 330,000 Thlr. veranschlagt, in welcher Summe der Geldwerth der Arbeitsleistungen der angestellten 200 Chausseewärter mit enthalten ist [3]). Die in untenstehender Note angegebenen Verwaltungskosten sind nicht in dieser Summe enthalten.

Auf jede Meile Steinbahn kommen hiernach im Durchschnitt jährlich 950 Thlr. 127 Thlr. pro Kil.) und zwar repartirt wie folgt:

1) Gewinnung, Anfuhr und Aufmessung des Unterhaltungsmaterials, etwa .... 41 Proc.

---

[1]) Den Inhalt dieses Abschnitts verdanken wir der Mittheilung einiger noch nicht gedruckten Abhandlungen des Bauraths Bokelberg, welche diesen Gegenstand in interessanter Weise behandeln und manche neue Gesichtspunkte darbieten.

[2]) 1 Meile hannov. = 25400 Fuss = 7426^{m},8 = 7^{km},427.

[3]) Uebrigens war das Wärter-Institut schon 1862 im Aussterben begriffen, und werden überall keine Wärter mehr angestellt. Vielmehr treten dafür regelmässig beschäftigte Arbeiter an die Stelle, welche keinen Anspruch auf Pension haben. Auf die Meile kommen 2 bis 6 solcher Arbeiter.

An Angestellten waren vorhanden: 1 technischer Referent im Ministerium, 6 Wegbaumeister, etwa 30 Bauinspectoren, 15 bis 20 Bauconducteurs und Bauführer, etwa 160 Aufseher; auf jeder fertigen Meile 1 Einnehmer. Die höheren Angestellten haben aber auch die Landstrassen-Angelegenheiten mit wahrzunehmen (vergl. p. 194),

2) Handarbeiten und Steinsetzerlohn........................ 42 Proc.
3) Auf Walzungen .... 4,2 „
4) Auf Brücken und Canäle................................ 2,5 „
5) Auf Unterhaltung eigener Weghäuser............ .... 0,7 „
6) Auf Befriedigungen, Meilen- und Nummersteine........... 0,4 „
7) Auf Baumpflanzungen.................................. 1,3 „
8) Auf Geräthschaften..................................... 2,0 „
9) Auf Entschädigungen (für Steinbrüche, Geräthe etc.)...... 0,5 „
10) Auf Fähranstalten und Insgemein........................ 5,5 „

Die Weggeld-Einnahme betrug anschlagsmässig in den Jahren $18^{56}/_{58}$ etwa 180,000 ₰, mithin pro Meile der besteinten Bahnen etwa 520 ₰ (etwa 70 ₰ pro Kilom.).

Dies Verhältniss zwischen der Einnahme und der Unterhaltungslast würde für die öffentliche Kasse weit günstiger sein, wenn nicht durch die Verbesserung der Strassen die Fuhrleistung der Zugthiere so bedeutend erhöht worden wäre, dass die Zahl der Zugthiere, also auch die Weggeld-Einnahme, für viele Transporte fast auf die Hälfte sich vermindert hätte. Note [1]) und [2]).

---

welche erheblich sind. Die Kosten für die Verwaltung betrugen $18^{52}/_{53}$ (siehe Lodemann statistische Nachrichten, a. a. O.):

Besoldung und Remuneration der höheren Wegbaubeamten (bis zum Conducteur incl. abwärts)........	26,850 ₰
An sonstigen Bau-Verwaltungskosten, z. B. Reisekosten der höheren Wegbaubeamten, Besoldung der Chaussee-Aufseher, Vergütung an Chausseebau-Rendanten, Büreaukosten etc.	54,000 „
Summa	80,850 ₰

also circa 25 Proc. der jährlichen Unterhaltungsbaukosten.

[1]) Die Tendenz der Transport-Industrie ist heut zu Tage: schwerer zu laden, schneller zu fahren als früher, besser gefütterte und kräftige Pferde, die einige Jahre weniger dienen.

Der Verkehr in einem Lande hebt sich durch die Anlage von Chausseen und Verbesserung der Communication überhaupt. Z. B. wurden an den 15 auf der Strasse von Hannover nach Cassel vorhandenen Barrièren an Weggeldern eingenommen in verschiedenen Jahren, wie folgt:

1818	11,590 ₰
1820	13,496 „
1822	16,475 „
1824	18,440 „
1826	20,854 „

Später modificirt der Einfluss der Eisenbahnen derartige Zahlen. Darüber vergl. die folgende Note 1. pag. 285.

[2]) Die Kosten der Weggelderhebung an Vergütung für die Einnehmer, an Druckkosten, an Baukosten, an Lichtgeld u. s. w. nehmen einen sehr erheblichen Antheil des Rohertrages der Hebestellen für sich in Anspruch — ganz abgesehen

Tabelle

über die Unterhaltungskosten und Weggelderträge einiger Chausseen des vormaligen Inspectionsbezirks Goslar. (Aus der Registratur der Wegbau-Inspection Goslar entnommen von Voiges).

Bezeichnung der Chausseen nach dem in der Inspection Goslar officiell gewordenen Gebrauche.	Länge.		pro $18^{51}/_{52}$.		pro $18^{52}/_{53}$.		pro $18^{53}/_{54}$.		pro $18^{54}/_{55}$.		pro $18^{55}/_{56}$.		Durchschnitt der angegebenen Unterhaltungkosten pro Jahr und laufende Ruthe.		Durchschnitt des jährlichen Weggeldertrages pro laufende Ruthe berechnet.		Verhältniss der Unterhaltungskosten zu dem Weggelderträge.
	Meilen.	Ruthen.	Unterhaltung Thlr.	Weggeld. Thlr.	Unterhaltung Thlr.	Weggeld. Thlr.	Unterhaltung Thlr.	Weggeld. Thlr.	Unterhaltung Thlr.	Weggeld Thlr.	Unterhaltung Thlr.	Weggeld. Thlr.	gr	$^1/_{10}$ gr	gr	$^1/_{10}$ gr	
1) Hildesheim-Goslar I. Aufscher-Abth.	2	$1117^1/_2$	4759	2741 (1 u. 2)	4564	2558 (1 u. 2)	4333	2642 (1 u. 2)	4161	2243 (1 u. 2)	2806	2087 (1 u. 2)	26	9,0	8	7,5	$\frac{3}{1}$
2) Hildesheim-Goslar II. „ „	2	$897^1/_2$	3519		3261		3548		2929		3359						
3) Hildesheim-Halberstadt.......	1	$1348^1/_2$	1067	507	1053	476	867	459	981	656	948	455	11	9,8	5	2,1	$\frac{2,3}{1}$
4) Goslar-Wolfenbüttel...........	1	$1074^1/_2$	317	450	334	408	346	368	299	321	276	334	3	5,4	4	2,7	$\frac{0,83}{1}$
5) Goslar-Osterwieck..............	1	1133	1422	766	1740	953	1445	1062	1430	879	3446	1106	20	2,1	10	5,4	$\frac{1,92}{1}$
6) Rothesütte-Nordhausen..........	2	856	2916	3665	1534	3823	—	—	—	—	—	—	16	3,5	27	8,3	$\frac{0,6}{1}$

Bemerkung: Diese wenigen Zahlen dürften vielleicht klar stellen: a. In wie weiten Grenzen die Beträge der Unterhaltungskosten sowohl, als auch des Weggeldes sich bewegen. b. Wie höchst verschieden das Verhältniss des Wegegeldertrages zu den Kosten der Unterhaltung bei verschiedenen Chausseen sich herausstellt. Dabei ist wenigstens von localem Interesse, dass dasselbe unter den oben genannten Chausseen sich am engsten nähert und gleichzeitig am meisten zu Gunsten des Staatshaushalts ausfällt, bei den ad 4 und 6 angegebenen Zügen, von denen der erste (als eine Parallelstrasse der Eisenbahn von Schladen nach Wolfenbüttel) eine der verödetsten, der letztere dagegen eine der lebhaftesten aller Landeschausseen des Landdrosteibezirks Hildesheim bildet. c. Dass die dem Staatsschatz direct zufliessende Nutzung des in den Landeschausseen angelegten fixen Capitals, selbst bei den frequentesten Zügen nur in höchst seltenen Fällen sich über eine Minusrente erheben kann, wenn von Aufsichts- und Administrations-Kosten einerseits, und von den Nebenaufkünften andererseits abgesehen, dagegen das Anlagecapital so verzinst werden soll, dass ein Amortisationsfond zu theilweisen oder gänzlichen periodisch eintretenden Erneuerungen einiger Theile der Chausseanlage, insbesondere der Kunstbauten, aus den Ueberschüssen des Weggeldertrages gebildet werden soll. Dieser hinlänglich bekannte Umstand soll hier nur als Moment angeführt werden, durch welches sich die Strassen in ihrer volkswirthschaftlichen Bedeutung wesentlich von Eisenbahnanlagen unterscheiden. d. Die angegebenen Verhältnisszahlen der Unterhaltungskosten zum Weggeldertrage mit dem mittleren, aus dem Jahre $18^{55}/_{56}$ für die sämmtlichen Chausseen der Provinz Hannover von $\frac{1,88}{1}$ zu vergleichen, dürfte nicht ohne Interesse sein.

In den 950 ₰ pro Meile sind indessen erhebliche Ausgaben für den Umbau und besondere Herstellungs-Ausgaben mit enthalten. Nach Abzug dieser und der Kosten für die Fähr-Anstalt auf der Harburg-Hamburger Chaussee verbleiben an Chaussee-Unterhaltungskosten nur ungefähr 900 ₰ jährlich pro Meile von 1587½ Ruthen (oder 121 ₰ pro Kilom.)[1]).

Im Herzogthum Braunschweig kostete die jährliche Unterhaltung der Staatsstrassen 1850 pro Meile 925 ₰ (= 125 ₰ pro Kilom.).

Im Königreich Preussen wurden 1835 pro Meile[2]) 1100 ₰ (= 148 ₰ pro Kilom.) neben den Diensten bewilligt, welche aber nicht ausreichten.

Im Jahre 1835 geriethen die 33 Meilen (= $248^{km},5$) langen Chausseen des Regierungsbezirks Magdeburg bei 1500 ₰ jährlichen Unterhaltungskosten pro Meile (199 ₰ pro Kilom.) in Verfall, obgleich 1834 274,000 ₰ und 1835 noch 200,000 ₰ Neubau-, Umbau- und Unterhaltungskosten bewilligt waren.

1837 kosteten 10 Meilen (= 75^{km}) im Inspectionsbezirk Preussisch-Minden zu unterhalten durchschnittlich 1930 ₰ pro Meile (= 256 ₰ pro Kilom.), während die Weggeld-Einnahme zwischen 430 bis 1350 ₰ pro Meile betrug (75 bis 179 ₰ pro Kilom.).

Das Minimum der Unterhaltungskosten einer Längeneinheit verschiedener Strassen ist sehr verschieden; den nächsten Einfluss auf diesen grossen Unterschied üben hauptsächlich folgende Umstände:

1) die Frequenz der Strasse,
2) die Bauart und das Gewicht des Fuhrwerks. (Je schlechter die Strasse, je schwerer das Fuhrwerk selbst, desto rascher die Abnutzung),

---

von der wahrlich nicht unerheblichen Arbeit, die den Ober- und Unterbehörden in Verwaltung und Justiz von diesem Institut erwächst und welche auch ihr Geld kostet. Dazu wird das Publikum durch die Hebung, besonders bei schlechtem Wetter und bei Nacht, sehr belästigt — Menschen und Zugvieh leiden — Erheber und Weggeldpflichtige werden zu demoralisirenden Unrechtfertigkeiten veranlasst und in sehr unangenehme Collisionen mit den Strafgesetzen gebracht. Wenn der Hebung des Weggeldes ein zureichendes Princip zu Grunde läge, so würde dieses Princip zu einer sehr wesentlichen Erhöhung des Weggeldes führen müssen, dessen Reinertrag jetzt im Allgemeinen einen sehr untergeordneten Theil des Budgets der Wegebauten bildet. Aber nach einem brauchbaren Princip sucht man hier vergebens! Dagegen führen richtige Erwägungen zur entschiedenen Verwerfung dieser unbehülflichsten aller Einnahme-Erhebungen. Die Beseitigung würde bald als eine wahre Wohlthat erkannt werden!

[1]) Vergl. auch statistische Bemerkungen über die Landeschausseen im Königreich Hannover, vom Ober-Regierungs-Rath Lodemann in Hannover. Notizblatt des Arch.- u. Ingen.-Vereins für Hannover. Band III. 1853—54, pag. 507.

Söhlke, über den Landstrassenbau im Landdrosteibezirk Osnabrück. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins, Band III. 1857, pag. 475.

[2]) 1 Meile preuss. = $7^{km},532$.

3) die Dauerhaftigkeit und Festigkeit des Besteinungsmaterials[1]) und
4) der Preis desselben.

In diesen 4 Beziehungen schwankt das Grössenverhältniss oft zwischen 1 und 5, zuweilen noch in weit höherem Maasse.

Von grossem Einfluss sind ferner:

5) die Bauart und Lage der Strasse,
6) die Zahl und Grösse der Zubehörungen,
7) die Beschaffenheit des Bodens, und
8) die Methode des Unterhaltungsverfahrens, so wie der technische Betrieb überhaupt.

Der Zusammenwirkung dieser und sonstiger Einflüsse ist es hauptsächlich zuzuschreiben, dass die jährlichen Unterhaltungskosten verschiedener Strassen streckenweise zwischen 5 sgr und $3\frac{1}{2}$ Thlr. pro laufende Ruthe (1 sgr — $\frac{3}{4}$ Thlr. pro Kilom.) variiren[2]).

Die Nienburg-Verdener Chaussee kostete 1858 die Meile 250 Thlr. (= 33,7 Thlr. pro Kilom.) zu unterhalten, und die Weggeldeinnahme pro Hebestelle (circa 1 Meile von einander entfernt), war 180 Thlr. (= 24 Thlr. pro Kilom.). Es passirten 1852 täglich 12 leere und beladene pflichtige Wagen mit 250 Centner Gesammtgewicht.

Die Hannover-Nenndorfer Chaussee kostete pro Meile 5000 Thlr. (= 674 Thlr.

---

[1]) Die Unterhaltung der Strassen hängt besonders von der Beschaffenheit des Materials ab. — Eine Meile Basaltstrasse erforderte (1836) 16,000 — 20,000 Cubikfuss Material (= 399 — 498 mc) jährlich, Kalksteine dagegen 80,000 — 100,000 Cubikfuss (= 1944 — 2492 mc), und man kann nicht durch grössere Massen das gute Material ersetzen, da bei anhaltendem Regen stets tiefe Gleise entstehen, und die nie aufhörende Besserung dem Fuhrwerk zur grössten Beschwerde gereicht.

[2]) Die Abnutzung der hannoverschen Steinschlagbahnen schwankt, je nach dem Material und der Frequenz, etwa von $\frac{1}{4}$ Zoll bis 4 Zoll. Auf einer sehr frequenten Fracht- und Reisestrasse der Inspection Harburg ist die obere, aus Schlagkieseln gebildete 6 Zoll starke Decklage einer 16 Fuss breiten Steinschlagbahn in 4 Jahren abgenutzt, so dass eine Erneuerung derselben stattfinden muss. Es passiren auf dieser Strasse jährlich etwa 35,000 Fuhrwerke, grösstentheils Fracht- und schwer beladene Reisewagen.

Nach Becker war im Grossherzogthum Baden bei Fahrbahnbreite von 20 Fuss oder 6 m im Durchschnitt die Abnutzung jährlich:

	Cbkf. Bad.	Cubikmeter.
1) bei gutem Material und starker Frequenz	15 — 20	0, 4 — 0,54
mittelmässiger "	10 — 15	0,27 — 0,40
geringer "	5 — 10	0,13 — 0,27
bei mittelmässigem Material und starker Frequenz	20 — 25	0,54 — 0,67
mittelmässiger "	15 — 20	0,40 — 0,54
geringer "	10 — 15	0,27 — 0,40
bei geringem Material und starker Frequenz	25 — 30	0,67 — 0,81
mittelmässiger "	20 — 25	0,54 — 0,67
geringer "	15 — 20	0,40 — 0,54

pro Kilom.) zu unterhalten, das Chausseegeld betrug 4700 $\mathscr{P}$ (= 633 $\mathscr{P}$ pro Kilom.) und es passirten täglich 270 Wagen mit 10,000 Centner Gesammtgewicht. Also Unterhaltung 20 mal, Einnahme 26 mal, Frequenz 40 mal grösser.

Aehnliches auf anderen Strassen, daher ist es schwer die Unterhaltungskosten stets richtig zu beurtheilen.

Im Allgemeinen gilt bei einer und derselben Chaussee derselbe Satz wie bei den Eisenbahnen: dass sie um so besser rentirt, je grösser die Frequenz, weil die Abnutzung wegen der Frequenz nur einen Theil der Unterhaltungskosten ausmacht und weil die sonstigen Unterhaltungskosten, die Verwaltungskosten (event. auch die Verzinsung des Capitals), sich bei grösserer Frequenz mehr vertheilen. Dabei wird vorausgesetzt, dass das Weggeld mehr einbringt, als die Unterhaltungskosten betragen, die aus der Abnutzung durch die Fuhrwerke entstehen; oder allgemein: dass die Weggeldeinnahme höher ist, als die mit der Frequenz wachsenden Unterhaltungskosten betragen [1]).

Die Unterhaltungslast der wenig befahrenen Strassen ist daher relativ am fühlbarsten, weil solche nicht allein durch das Fuhrwerk, sondern auch durch schädliche Witterungseinflüsse angegriffen werden, deren zerstörende Wirkungen von der Frequenz der Strasse unabhängig sind.

Den grössten Einfluss auf den Betrag der Unterhaltungskosten übt die Frequenz auf die Steinschlagbahnen aus, besonders auf solche, die von undauerhaftem und weichem Material gebaut sind, wogegen der Unterhaltungsbedarf der Pflasterbahnen in weit geringerem Maasse durch die Lebhaftigkeit des Verkehrs bestimmt wird. Letztere sind in der Unterhaltung billiger.

Die sorgfältig gewalzten Bahnen bieten gegen die ungewalzten grosse Vorzüge, für den Verkehr wie für die Unterhaltung.

Die macadamisirten Steinschlagbahnen lassen sich besser und billiger unterhalten, als die Steinschlagbahnen mit pflasterartigem Unterbau.

Derselbe Vorzug gebührt dem aus geformten (behauenen) Steinen gebildeten Reihenpflaster, dem Schieb- und Rippenpflaster aus fast rohen Steinen gegenüber.

Unter übrigens gleichen Umständen kosten die breiten Fuss- und Sommerwege mehr als die schmalen, weil die der Oberfläche proportionale Einwirkung der Witterung hier vorzugsweise in Frage kommen kann.

Den in gehörigem Stande befindlichen Steinbahnen kommt dagegen die grössere Breite bei der Unterhaltung zu Statten, jedoch meistens nur in den engeren Grenzen von 10 — 14 Fuss Breite auf den kleineren und unbelebten,

[1]) Nach dem Hannoverschen Wegegesetz findet durchschnittlich auf jede Meile von 1587 $^1/_2$ Calbg. Ruthen eine volle Weggelderhebung statt. $^1/_2$ Meile bis $^3/_4$ werden für eine halbe Meile, $^3/_4$ bis 1 für eine ganze Meile gerechnet, doch sollen zur Ausgleichung zwei kurze Strecken nicht aneinander stossen. Bei noch nicht auf der ganzen Länge besteinten Strassen finden Ermässigungen statt.

von 14—18 Fuss auf den mittlern, und von 18—22 Fuss auf den grössten und lebhaftesten Strassen, und zwar desshalb, weil bei noch breiteren Strassen die Witterungseinflüsse mehr verzehren, als die Abnutzung, wegen gleichmässigerer Benutzung der breiteren Strasse durch die Fuhrwerke, weniger beträgt.

Ein Uebermaass in der Breite der ganzen Strasse und ihrer einzelnen Bahnen vertheuert die Unterhaltung. (Vergleiche pag. 195 und 196).

Gutes System und rechtzeitige Ausführung sind Hauptsachen. Das Steigen der Fuhr- und Arbeitspreise bei zunehmendem Wohlstand erschwert das Herabziehen der Unterhaltungskosten[1]).

Gesichtspunkte bei zu erstrebenden Ersparungen in der Unterhaltung: nicht dem Verkehr zum Nachtheil und zur Erschwerniss, weder beim Neubau noch beim Unterhaltungsbetriebe. Hauptsächlich erforderlich:

1) Vollständigkeit des Neubaues: lieber kurz und gut, als lang und schlecht zu bauen. — Geringere Unterhaltungslast, und Publikum zufriedener.

2) Beibehaltung des fahrbaren Normal-Zustandes der Strassen. Oft schlechter Zustand, weil man Chausseen verkommen liess, weil mangelhafte Construction aus der Kindheit des Wegbaues, auch oft Unvollständigkeit des Neubaues. — Gründliche Aushülfe, nicht bloss Unterhaltung, sondern Herstellung.

3) Bildung eines eisernen Materialvorraths; auf solchen Chausseen wenigstens, wo jährlich eine grosse Menge von Steinen verbraucht werden muss. Fuhr- und Arbeitskräfte nicht jeder Zeit zu haben. (Frühjahr: Saat, Herbst: Ernte). Daher oft unzeitige Ausführung der Unterhaltungs-Arbeiten. Desshalb muss man mit der Gewinnung, Anfuhr und Zubereitung des Baumaterials stets voraus sein, um es zur rechten Zeit zur Hand zu haben[2]).

---

[1]) Die Erhöhung des Weggeldes würde vielleicht die Einnahme vergrössern, obgleich dadurch das Bestreben, die Hebestellen zu umgehen, sich vermehren würde. Denn es beträgt im grossen Durchschnitt das Chausseegeld z. B. $^1/_{20}$ der Gesammt-Transportkosten, wesshalb die Transport-Industrie nicht sehr durch erhöhtes Chausseegeld betroffen würde. Verschieden hiervon ist der Fall einer Erhöhung der Eisenbahn-Transportkosten.

[2]) Abweichende Ansicht eines hannoverschen Wegbaubeamten. 'Die Bildung eines eisernen Materialvorraths ist thunlich zu vermeiden. Ein solcher Vorrath bildet meistens ein todtes Capital, und oft verkommen die Steine, indem sich bei längerer Aufbewahrung Staub und Schmutz mit ihnen vermischt, und sie mit solchem Graswuchs überzogen werden, dass man sie nur mit unnützer Arbeit wieder heraussuchen muss. Wo der Flickverbau auf ein äusserstes Minimum herabgesetzt und der reine Deckenbetrieb eingeführt ist, lässt es sich auch recht wohl vermeiden. Behält man beim Flickverbau Steine übrig, so thut man besser, sie nach solchen Strecken zu verfahren, wo neue Decken angelegt werden, und sie dort mit zu verbauen, als dass man sie vielleicht Jahre lang lagern lässt.

Dagegen empfiehlt es sich, die Deckenlegungen auf die Weise vorzubereiten, dass man längere Jahre verwendet, um das Material dazu anzusammeln.

Einestheils erhält man dann das Material billiger angefahren, als wenn man die

Sonstige Vortheile: Anwendung tüchtiger Arbeiter für jeden Tag im Jahr, zweckmässige Beschäftigung des fixirten Arbeiter-Personals.

Verminderung der Kosten des Materials und Möglichkeit der jederzeitigen Heranschaffung: durch Chaussirung der Fahrwege nach den wichtigsten Steinbrüchen und Material-Niederlagen.

4) Richtige Auswahl des Bau-Materials. Auf grössere und geringere Haltbarkeit kommt viel an, und ausserdem sind die Kosten der Anschaffung sehr verschieden. Dasjenige Material ist am besten, welches nach Verhältniss seiner Haltbarkeit und der Anschaffungskosten den grössten Vortheil gewährt (siehe Tabelle und I. im Anhange).

Daher ist von grosser Wichtigkeit:

a. ein sorgfältiges Studium der Eigenschaften etc. des zu verwendenden Materials,

b. Erforschung der geognostischen Verhältnisse in der Umgebung der Strassen des Hügel- und Gebirgslandes, ob mit Erfolg Materialien zu gewinnen.

5) System des Unterhaltungsbetriebes. Nicht genug, das beste Material zu haben, es muss auch richtig und auf die billigste Weise verwendet werden.

Daher bei Steinschlagbahnen besonders das Ueberdeckungssystem, welches sich bewährt hat, während das veraltete Flickverfahren zur Vertheuerung der Unterhaltung führt.

---

ganze erforderliche Quantität in einem Male anfahren lässt, so dass durch dieses Verfahren immer sehr günstige Resultate erzielt werden. Anderntheils ist man bei der Unterhaltung der Strassen meistens auf die vereinzelten Kräfte der Vorarbeiter angewiesen und daneben im grossen Vortheil, wenn man dieselben auch allezeit im Winter bei Frost und Schnee beschäftigen kann, wozu die Zerkleinerung des Materials das beste Mittel bietet.

Durch das Verfahren des allmähligen Ansammelns des Materials zu den Decken ist man daher in den Stand gesetzt, die Anfuhr und die Zerkleinerung des Materials mehr auf die ganze Länge der Strasse zu vertheilen, und man braucht diese Leistungen nicht auf einige wenige Stellen zu concentriren, welches allemal eine Vertheuerung mit sich führt, oder die rechtzeitige Ausführung unzulässig macht. Dass man das Bedürfniss der Decken auf den einzelnen Stellen dabei schon Jahre lang vorher im Auge haben muss, ist selbstverständlich. Aus den angeführten Gründen ist es auch gut, die Decken nie zu lang zu nehmen; etwa 100 Ruthen ist in jeder Beziehung die vortheilhafteste Länge.

Bei der Feststellung des Materialbedarfs in den jährlichen Unterhaltungs-Anschlägen nimmt man daher neben andern wichtigen Rücksichten auch die, dass man jedem ständigen Arbeiter (in vielen Fällen kann man dieselben auch zusammenziehen) auf seine Strecke wenigstens so viel Material anfahren lässt, dass er 1 bis 2 Monate lang ausschliesslich mit dem Zerschlagen desselben beschäftigt werden kann.

Vortheil des Ueberdeckungsverfahrens ist dort am grössten, wo Strassen am meisten abgenutzt werden. 50 Proc. werden dadurch an Arbeitslohn gespart, auch wird mit der Zeit der Materialverbrauch geringer.

Deckenbetrieb ist für den Fuhrverkehr auf der Strasse zuträglicher und sonstige Annehmlichkeiten, daher ihm grösstmögliche Ausdehnung zu geben; und weil Ersatz von vollständiger Walzung der Decke abhängig, so ist:

die Einführung und der richtige Gebrauch der Walzen möglichst zu befördern.

6) Unterhaltung der gepflasterten Strassen an den meisten Orten nicht so kostspielig als die Unterhaltung der Steinschlagbahnen, auf welchen ein weit grösserer Materialverschleiss stattfindet. Das beste Pflaster ist in der Unterhaltung das billigste. Indessen muss meistens eine grössere Frequenz vorhanden sein, um die Zinsen des grösseren Anlagecapitals besser repartiren zu können. Beispielsweise werde ein Fall hier untersucht, ohne dass auf eine solche Rechnung besonderer Werth in allen Fällen zu legen sein dürfte:

Es sollen z. B. 100 □Ruthen Pflaster in der Anlage 4000 ℔ kosten. Man weiss aus Erfahrungen bei ähnlich situirten Strassen von verschiedener Frequenz, welche mit diesem Material gepflastert sind, dass z. B. bei einer Frequenz von 250 Pferden (oder einer entsprechenden Centnerzahl) täglich über diese Strecke, die jährlichen Unterhaltungskosten 100 ℔ betrugen, bei einer anderen Strecke mit täglich 50 Pferden (ebenso belastet) Frequenz dagegen die jährlichen Unterhaltungskosten 50 ℔ waren. Nennt man f den Antheil an diesen Kosten wegen der Frequenz, und W wegen der Witterung, so hat man

für 250 Pferde $f + W = 100$ ℔,

für 50 Pferde $f_1 + W = 50$ ℔,

hieraus $f - f_1 = 50$ ℔ für 200 Pferde,

also $f = \frac{5}{4} \cdot 50 = 62{,}25$ ℔ für 250 Pferde,

mithin $W = 100 - f = 100 - 62{,}25 = 37{,}75$ ℔.

Ferner sei diese Pflasterstrecke nach 9,6 Jahren mit 2000 ℔ Kosten für Arbeitslohn und Zuschuss an Material wieder in den früheren Stand zu setzen, so kann man annähernd annehmen, dass davon $\frac{37{,}75}{100}$ = etwa $\frac{1}{3}$ als Ersatz der Abnutzung und Beschädigung durch Witterung, das Uebrige = $\frac{2}{3}$ auf die Frequenz zu rechnen sei. Man hat dann bei einer Frequenz von Z Pferden, die für die anzulegende Strecke entstehenden jährlichen Kosten, wenn noch das Anlage-Capital mit 4 Proc. zu verzinsen ist:

$$U = \frac{4000 \cdot 4}{100} + 37{,}75 + \frac{50 \cdot Z}{200} + \frac{\frac{1}{3} \cdot 2000}{9{,}6} + \frac{1333}{\left(\frac{9{,}6 \cdot 250}{Z}\right)},$$

$$\text{oder } U = 267{,}19 + 0{,}805\, Z.$$

In ähnlicher Weise sei ermittelt, dass eine Strasse von dem zur Disposition stehenden Steinschlagmaterial für 100 □Ruthen 1500 ℔ Anlagekosten erfordere,

dass bei einer Frequenz von 200 Pferden (eine durchschnittliche Beladung gleich der auf dem Pflaster vorausgesetzt) die jährlichen Unterhaltungskosten 200 ₰ betragen, wovon 60 ₰ auf Abnutzung durch die Witterung und mit der Frequenz nicht zusammenhängende Ursachen kommen. Ferner sei die Dauer der Decke 4 Jahr, worauf sie incl. der etwaigen Ergänzungen des Unterbaues jedes Mal 1000 ₰ an Arbeitslohn und Material zur Erneuerung erfordere. Dann sind die jährlichen Kosten bei einer Frequenz von Z Pferden ähnlich wie oben:

$$U_1 = \frac{1500 \,.\, 4}{100} + 60 + \frac{140\,Z}{200} + \frac{{}^6/_{20} \,.\, 1000}{4} + \frac{700}{\left(\frac{4 \,.\, 200}{Z}\right)}$$

$$U_1 = 195 + 1{,}575\,Z;$$

hiernach findet man, wie gross wenigstens die Frequenz Z sein müsse, bei welcher es aus ökonomischen Gründen vortheilhaft sein würde, falls diese vorzüglich in Frage kämen, Pflaster zu verwenden, wenn man $U = U_1$ setzt; man erhält dann:

$$267{,}19 + 0{,}805\,Z = 195 + 1{,}575\,Z,$$
$$\text{oder } 72{,}19 = 0{,}77\,Z,$$
$$\text{und daraus: } Z = 90 \text{ Pferden täglich.}$$

Da die Erneuerungskosten des Pflasters oder der Decke indessen nur nach einer Anzahl von Jahren und dann auf ein Mal ausgegeben, und nicht jährlich repartirt verwandt werden, so hätte man genauer bei den jährlichen Zuschüssen deren Verzinsung berücksichtigen müssen. Ferner würde für den Fall, dass z. B. der Staat jährliche Gelder zur Unterhaltung und Wiedererneuerung von Strassen hergäbe, welche er nicht zu verzinsen braucht, es erlaubt sein, die Verzinsung des Anlagecapitals nicht zu rechnen, wo denn unter den gemachten Voraussetzungen das Pflaster stets im Vortheil bezüglich der Unterhaltung wäre. Weiter noch könnte man aber die Communicationen durch Steinschlagbahnen in kürzerer Zeit mit denselben Geldmitteln auf grössere Längen verbessern. Auch würde man manche Art des Verkehrs, z. B. leichten Verkehr, mit Pflaster verschonen, wogegen wieder der schwere auf gutem Pflaster weniger Widerstand als auf Steinschlagbahnen erfährt, daher auf das Pferd mehr Ladung kommen würde. Endlich ist noch zu berücksichtigen, dass ein Antheil Erträge des Chausseegeldes unter Umständen von den Unterhaltungskosten abzusetzen sein würde u. s. w. Man sieht also, dass auf derartige Rechnungen, deren Voraussetzungen auch selten scharf genug sind, gestützte Schlüsse, in jedem speciellen Falle durch sonstige Gründe, ausserdem besonders noch durch locale Verhältnisse u. s. w. modificirt werden, die oft auf die Entscheidung den stärksten Einfluss ausüben u. s. w.

7) Die technische Leitung und Beaufsichtigung der Arbeiten ist von grosser Wichtigkeit. Daher auf geübte Aufseher, Wärter und Hülfsarbeiter zu halten und solche heranzubilden.

Endlich sind **technische, einheitlich leitende Vorschriften**, um übereinstimmende Verfahren herbeizuführen, von grossem Nutzen.

Schliesslich ist zum Schutz der Strasse und im Interesse der Unterhaltungscasse nothwendig: Durch angemessene gesetzliche Vorschriften dem **Missbrauch der Strassen** durch Ueberladung des schmalrädrigen Fuhrwerks kräftigst entgegenzuwirken und den Gebrauch der 4 Zoll breiten Räder für das Lastfuhrwerk möglichst zu befördern.

Nach dem hannov. Gesetz vom 4. December 1834 sind die höchsten zulässigen Gewichte für Fuhrwerk und Ladung wie folgt:

a. Für vierrädrige Frachtwagen.

1)	Radfelgen unter	6"	(14,6 Cent.)	breit,	130 Ctr.	(6500 Kil.)	à 110 Pfd. cöln.
2)	„	von 6–8"	(14,6–19,4 Cent.)	„	140 „	(7000 Kil.)	„
3)	„	von 8–10"	(19,4–24,3 Cent.)	„	150 „	(7500 Kil.)	„
4)	„	v. mind. 10"	(24,3 Cent.)	„	160 „	(8000 Kil.)	„

b. Zweirädrige Frachtkarren.

1)	Radfelgen unter	6"	(14,6 Cent.)	breit,	75 Ctr.	(3750 Kil.)	à 110 Pfd. cöln.
2)	„	von 6–8"	(14,6–19,4 Cent.)	„	80 „	(4000 Kil.)	„
3)	„	von 8–10"	(19,4–24,3 Cent.)	„	85 „	(4250 Kil.)	„
4)	„	v. mind. 10"	(24,3 Cent.)	„	90 „	(4500 Kil.)	„

Für weniger als 2 Zoll breite Radbeschläge von Lastfuhrwerken oder Karren, imgleichen für mit $^1/_4$ Zoll über die Oberfläche hervorstehenden Nägeln versehene, wird das einfache Weggeld als Strafe bezahlt.

Für 4 rädrige Wagen mit schmalen $3^1/_2$ bis 3 Zoll breiten Radfelgen ist ein Gesammtgewicht von 143 alten Centnern à 100 ℔ (= 6688 Kil.) auf Steinschlagbahnen viel zu gross, da sich die Radreifen so weit abrunden, dass sie nur mit $^1/_2$ Zoll Breite und 1 Zoll Länge des Umfangs als aufliegend gerechnet, mit $^1/_2$ Quadratzoll (= 2,962 □ Centim.) Fläche die Bahn berühren, daher das Material pro □ Zoll mit $\frac{14300}{4 \cdot {}^1/_2} = 7150$ Pfund pro □ Zoll (= 603,4 Kil. pro □ Centim.) in Anspruch genommen wird, was viel zu viel ist. Dagegen berühren die 4 Zoll breiten Räder nach erfolgter Abrundung noch die Bahn mit 2 □ Zoll (= 11,85 □ Centim.), üben also nur den 4ten Theil des Druckes aus. Diese Breite ist (bei Lohnfuhren) gleich vortheilhaft für die Strasse wie für den Fuhrmann und die Begünstigung des 4 Zoll Fuhrwerks erwünscht, um der Ueberlastung der schmalen Räder entgegen zu wirken. Auch stehen 14300 Pfund bei schmalen 2 zölligen Felgen in keinem Verhältniss zu 15400 Pfund (7203 Kil.) bei 6 zölligen Felgen.

Uneingeschränkter Gebrauch der Strasse bezüglich der Belastung der Fuhrwerke führt zum Missbrauch der Strasse; zu grosse Beschränkung in der Benutzung führt dazu, dass man Zweck und Mittel verwechselt.

Bokelberg macht den Vorschlag [1]), dass bei gleichbleibendem, jedoch bei Steigerung der Zahl der Pferde über 2 Stück mit der Zahl derselben wachsendem Weggeld-Tarife (welcher die Abnutzung der Strasse theilweise zu paralysiren habe), die grösste zulässige Ladung *vierrädriger* Fuhrwerke betragen solle:

bei Radfelgen von

2″	bis an	2¼″	(48,6	bis	54,67 Millim.)	— 45	Zollcentner,
2¼″	„	2½″	(54,67	„	60,75 Millim.)	— 50	„
2½″	„	2¾″	(60,75	„	66,8 Millim.)	— 55	„
2¾″	„	3″	(66,8	„	72,9 Millim.)	— 60	„
3″	„	3½″	(72,9	„	85,0 Millim.)	— 70	„
3½″	„	4″	(85,0	„	97,2 Millim.)	— 80	„
4″	„	5″	(97,2	„	121,5 Millim.)	— 100	„
5″	„	6″	(121,5	„	145,8 Millim.)	— 120	„
6″	„	7″	(145,8	„	170,1 Millim.)	— 140	„
7″	und darüb.		(170,1 Millim. u. darüber)			— 150	„

Dabei wird hervorgehoben, dass eine Radfelgenbreite von 4 Zoll bis 7 Zoll (am neuen Reifen gemessen) überwiegende Vortheile für das Lastfuhrwerk wie für die Strasse darbiete. Ueber 7 Zoll (= 170,1 Millim.) nur eingebildete Vortheile, und die Tara des Wagens wird in schädlicher Weise vergrössert. (Weggeldtarife im Anhang).

B. Specialitäten über die Ausführung von Chaussee-Unterhaltungs-Arbeiten.

Sofort nach dem Neubau nimmt die Zerstörung ihren Anfang. Theils auf *chemischem* durch Zersetzung des Baustoffs unter den atmosphärischen Einwirkungen, theils auf *mechanischem* Wege durch Reibung, Zerdrückung und Zerbrechung durch Pferdehufe und Räder.

Die chemische Zerstörung erleichtert und steigert die mechanischen Einflüsse.

Aufgabe der Strassen-Unterhaltung ist es, diese Schäden mit geringstem Kosten-Aufwande beständig zu bekämpfen und mit thunlichster Förderung der Interessen des Verkehrs rechtzeitig die Strasse wieder herzustellen.

Fast mehr *Umsicht* und *Erfahrung* bei der Unterhaltung als beim *Neubau* erforderlich, weil maassgebende Verhältnisse zu sehr verschiedenartig, richtige Auswahl schwierig; *geringes Herabziehen* der Einheitssätze bringt wegen der *grossen Quantitäten* schon erhebliche Ersparung.

---

[1]) Zeitschrift des hann. Archit.- u. Ing.-Vereins. Band IV. Heft 1. 1858.

Nach Zweck und Wesen zerfallen die Unterhaltungsarbeiten in folgende 3 Hauptabtheilungen:

I. Bearbeitung der Oberfläche der Strasse;
II. Ergänzung des abgenutzten und zerstörten Theils des Steinbahnkörpers;
III. Erhaltung, oder partielle oder gänzliche Erneuerung der technischen Zubehörungen der Strasse: Brücken, Ueberfahrten, Futtermauern, Weghäuser, Baumpflanzungen etc.

I. Bearbeitung der Oberfläche.

1) Reinigung besteinter Fahrbahnen,
2) Besandung gepflasterter Fahrbahnen,
3) Auslegung von Abweisesteinen [1]),
4) Planirung und Reinigung der Fuss- und Sommerwege,
5) Ausräumung der Seitengräben,
6) Erhaltung des ursprünglichen Querprofils der Strasse (mit Ausnahme ihrer besteinten Fahrbahnen) und
7) Herstellung der Fahrbarkeit verschneiter Bahnstrecken.

Streng genommen gehört die Reparatur der Pflaster- und Steinschlagbahnen, um nur die Ebenheit der Bahn herzustellen, mit hierher, kann aber besser sub II., Ergänzungsarbeiten, vorkommen.

ad 1) Reinigen der besteinten Fahrbahn.

Zersetzung, Abreibung, Zerdrückung des Materials und thierische Verunreinigung erzeugen bei trocknem Wetter: Staub, bei nassem: Koth, was für den Verkehr lästig, für die Strasse schädlich. Daher abzuziehen, sobald die Menge 2 bis 4 Cubikfuss pro □ Ruthe (= $0^{mc},_{0228}$ — $0^{mc},_{0456}$ pro □ Meter) Bahnoberfläche erreicht (§. 388). Diese Arbeit kostet bei Steinschlagbahnen jedesmal 2 — 4 ₰ pro □° (= 0,09 — 0,18 ₰ pro □ Meter) und geschieht 2 — 5 mal im Jahre (nach Beschaffenheit des Materials, Frequenz und Lage der Strasse, Witterung etc.). — Unnöthiges und unzeitiges Abschlämmen, besonders auf Bahnen von sehr hartem Material, welche sich unter der Walze und dem Fuhrwerk nicht leicht glätten und dabei der Sonne und dem Luftzuge ausgesetzt sind, zu vermeiden; geringe Menge Schlamm bildet bei trockner Jahreszeit vortheilhafte Schutzdecke und ebnet die Bahn, schont Fuhrwerk und Strasse.

In feuchter Jahreszeit: Ansammlung des Schlammes schädlich, hält das

---

[1]) Die auf die Ränder der Fusswege gelegten bekalkten Steine haben den Zweck, das Fuhrwerk vom Fusswege entfernt zu halten. Auch werden wohl zur Zeit des Legens der Sperr- oder Abweisesteine diese, wenn sie zeitweilig nicht gebraucht werden, auf die gedachten Ränder gelegt, um sie nicht weit tragen zu müssen. Im Uebrigen sind alle Sperr- und Prellsteine (abgesehen vom Sperrsteinlegen auf Steinschlagbahnen) möglichst zu vermeiden, wo sie den Verkehr belästigen können.

Wasser auf der Oberfläche, befördert dessen Eindringen, gereicht dem Fuhrwerke zur Beschwerde, besonders wenn es bald friert, bald aufthaut.

Im Winter, wenn abwechselnd Frost- und Thauwetter, verbindet sich der Schlamm mit dem feinen Füllmaterial zwischen den Decklagersteinen, daher das Abschlämmen dann schädlich (warten, bis starker Regen den Schlamm aufthaut).

(§. 389.) Den Schlamm nicht neben der Steinbahn erhärten lassen, im weichen Zustande zur Seite schaffen. Die Schlammbildung ist am meisten durch festes und dauerhaftes Gestein und grobes Korn des Steinschlages zu vermeiden.

(§. 390.) Der Schlamm ist nach der Seite des Sommerweges, beziehungsweise des nicht zum Fusswege dienenden Banketts zu ziehen. — Wenn er an beiden Seiten der Steinbahn gelagert werden darf, von der Mitte nach beiden Seiten (§. 391).

(§. 392.) Der Schlamm ist in der Längenrichtung der Bahn abzuziehen, wo die Oberfläche der Steinbahn Anfänge von Gleisen zeigt, oder, wo derselbe in der Breitenrichtung über ungebundenes Material gezogen werden müsste.

(§. 393.) In der Regel ist der Schlamm im Herbst und Frühjahre abzuziehen, in letzterer Jahreszeit eine leichte Schlammdecke zu lassen. Belebte Strassen vor und in grösseren Orten nach Bedürfniss häufiger zu reinigen.

(§. 394.) Schlammhaufen, wenn nicht für die Strasse gebraucht, bald fortzuschaffen.

(§. 395.) Hat sich Staub in erheblichen Massen angehäuft, so ist derselbe vorsichtig und nicht zu scharf mit hölzernem Kratzer abzuziehen und wie der Schlamm zu lagern [1]).

ad 2) Besandung der Pflasterbahnen [2]) u. [3]).

Zweck: Unebenheiten und kleine Vertiefungen auszufüllen; schützt Strasse und Fuhrwerk gegen Stösse. Mässig: nützlich — übertrieben: nachtheilig für Fuhrwerk und Strasse und theuer.

Menge des Sandes, nach dem Grade der Ebenheit der Oberfläche. — Um so kleiner, je mehr schwerbeladenes Fuhrwerk vorwaltet. — Nie über $1/8$ bis

---

[1]) Empfehlenswerther als hölzerne Kratzer zum Abziehen des Staubes ist ein der gewöhnlichen Harke ganz gleiches Geräth. An dem Balken wird ein anderes, demselben ganz gleiches Stück Holz geschraubt, nachdem vor dem Anschrauben belaubte biegsame Reiser dazwischen geschoben sind. Das Geräth wird nicht ziehend, sondern schiebend angewandt.

[2]) Gutachtliche Bemerkungen über die Besandung gepflasterter Chaussee-Fahrbahnen von Bokelberg. Notizbl. Bd. II. 1852 — 53, pag. 301.

[3]) Das Besanden der Pflasterbahn kostet bei 12 Fuss breitem Pflaster, wenn das Material auf dem Sommerwege vorräthig ist 0,1 gr pro lfde. Ruthe hann., und wenn das Material aus der Nähe seitlich anzukarren pro lfde. Ruthe 0,2 gr.

1/4 Zoll (3 — 6mm) durchschnittlich, weil der **Widerstand des Fuhrwerks** bei 1 bis 1½ Zoll (24mm,3 bis 36mm,4) Dicke schon **doppelt** so gross[1]).

Im Winter und in nasser Jahreszeit hat eine starke Besandung dieselben Nachtheile wie zu viel Schlamm auf Steinbahnen. **Wegbleiben** muss Besandung auf Pflaster von hartem Gestein durch **belebte** Ortschaften, weil Staub und Schmutz lästig. In weniger belebten **nur** im Sommer und thunlichst beschränkt anzuwenden. Im Allgemeinen genügt **dreimal im Jahre**, wozu für Frachtstrassen 8 Cubikfuss, für Reisestrassen bis 16 Cubikf. pro □ Ruthe (0mc,009 bis 0mc,018 □ Meter) erforderlich.

Bestes Deckmaterial: feiner Grand; weniger gut Kies und eisenschüssiger oder lehmiger Sand von grobem Korn. **Kosten** höchst verschieden, bis auf 1½ *gr* pro □ Ruthe durchschnittlich. Das Material nur bei feuchter, ruhiger Witterung zu verwenden. Bepflanzung der Strassen mit Buschwerk (wenn sonst zulässig) vermindert Abwehen.

ad 3) **Auslegung von Abweisesteinen.**

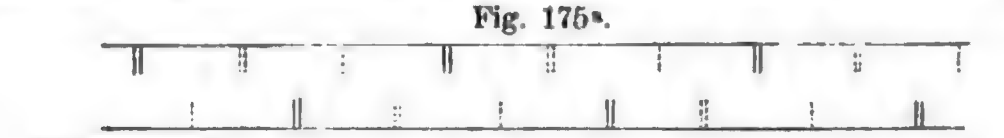
Hülfsmittel zur Bildung und Erhaltung ebener Oberfläche, und zu **gleichmässiger** Abnutzung: zwingt das Fuhrwerk, einzelne Bahnflächen zu benutzen, andere zu vermeiden. Die 4 Räder fahren dann in Schlangenlinien und nicht in den Gleisen. **Uebertreibung**: der Fahrpassage sehr lästig und theuer (bis 6 ₰ pro laufende Ruthe (1,3 ₰ pro Meter) jährlich). **Mässig** angewendet (3 ₰ pro lfde. Ruthe) nützt sie der Strasse und durch deren bessere Beschaffenheit auch dem Verkehr. Folgende Regeln:

a. nur in schlechter Jahreszeit, vom 1. October bis 1. Mai, und auch dann nur an solchen Tagen, wo die Steinbahn durch Witterungsverhältnisse empfänglicher und nachgiebiger für die Eindrücke der Wagenräder gemacht ist;

b. Reihen der Abweisesteine nicht näher als 15 bis 30 Ruthen (170 — 140 Meter) nach der Länge der Bahn auf einander folgend;

c. **regelmässig** nur 1/4 Meile (1,85 Kilom.) um die andere belegt, oder wenn Steine auf der ganzen Strecke, nur einen Tag um den andern auslegen (Fig. 175a);

Fig. 175a.



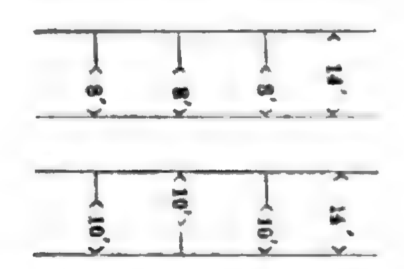
[1]) In Ostfriesland (Meppen) muss die Besandung oder Bedeckung der Pflasterstrassen nach den dort gemachten Erfahrungen nie mehr als 1/8 Zoll betragen. Dort früher angewandtes Raseneisenstein-Gruss genügte zur Deckung à lfde. Ruthe jährlich mit 4 Cubikfuss auf 12 Fuss breiten Bahnen; mit Sand gemischter magerer Lehm desgl. 8 Cubikfuss; leichter Sand, wie er dort vorkommt (Kies ist fast gar nicht vorzufinden) genügt nicht mit 24 Cubikfuss pro lfde. Ruthe und auf diesen ist man mit wenigen Ausnahmen in dortiger Gegend hauptsächlich angewiesen. Daher denn auch die Kosten der Pflasterbedeckung zu 2½ — 3½ *gr* à Ruthe anzunehmen sind, und dennoch ist der Zweck nicht einmal in angemessener Weise zu erreichen möglich, weil die Strassen zu anhaltend den **Windwehen** dort ausgesetzt sind.

d. nicht Fuhrwerk zwingen, auf schmalen Bahnen und kurz gewundenen Schlangenlinien zu fahren;

e. oft genug den Ort der Absperrung systematisch zu verändern;

f. zur Erleichterung des Ausweichens auf Bahnen unter 14 Fuss Breite ($4^m,09$), mindestens 8 Fuss ($2^m,34$) ungetheilt, oder 10 Fuss ($2^m,92$) gleichmässig getheilt; auf breiteren mindestens 10 Fuss Breite an einer Stelle, oder 12 Fuss ($3^m,50$) in gleich getheilter Fahrbreite, frei zu lassen (Fig. 175b) [1]).

Fig. 175b.



g. nur kleine, angekalkte Steine zum Auslegen zu benutzen, oder auch (§. 378) Hölzer, Buschbündel, nicht über 10 Zoll (124 Cent.) hoch und hinreichend sichtbar;

h. jedenfalls die Sperrzeichen noch vor Abendwerden von der Bahn wieder zu entfernen;

i. auf Bahnstrecken, welche mit mehreren Gleisen von mindestens 2 Zoll (4,88 Cent.) Tiefe durchschnitten sind, keine Sperrzeichen, oder nur bei gefährdetem Zustande der Bahn (weil Fuhrwerke nur mit heftigen Stössen würden fahren können, was gefährlich und sehr lästig) (§. 385).

Auf sehr frequenten Strassen, auf abschüssigen Bahnen (mit mehr als $^1/_{20}$), in belebten Ortschaften, sind weitere Beschränkungen des Sperrsteinlegens nothwendig.

Auf neuen Steinschlagbahnen, umgelegten oder neugelegten Pflasterstrecken, zur Zeit des Frostaufgangs, auf sehr nachgiebigem Boden, überhaupt an solchen Orten und zu solchen Zeiten, wo der drohenden Geleisebildung entgegen gewirkt werden muss, finden zur Erreichung des Zweckes Ausnahmen von den sub a, b, c und d bezeichneten Regeln und Beschränkungen statt.

---

[1]) Das Auslegen der Sperrzeichen auf 10 Fuss breiten Pflasterbahnen giebt übrigens viel Schwierigkeiten und Belästigungen ab. — Bei 7 Fuss dem Fuhrwerke frei zu lassende Breite können beladene Wagen nicht gut (wenn mehr Wagen, wie einiger Orten häufig z. B. im Meppenschen geschieht, zusammengehangen werden, einmal gar nicht) die Steinbahn innehalten, sie fahren häufig oder vielmehr sie gerathen häufig von der Steinbahn, und treiben dann, zum Nachtheil der Steinbahn, am Bordstein entlang, bis sie sich mit vieler Anstrengung wieder auf dieselbe hinauf gearbeitet haben, denn dem schwer beladenen Fuhrwerke ist es schwierig, so genau und accurat zu fahren. Im Dunkeln können sie eine freie 10 Fuss breite Steinbahn kaum einmal innehalten, selbst nicht bei Aufmerksamkeit und Vorsicht.

ad 4) Planirung und Reinigung der Fuss- und Sommerwege.

Zweck: Bessere Conservation und bequemere Benutzung dieser Wege selbst, sowie Erhaltung des guten Zustandes der Steinbahn. Nicht in Luxus ausarten. Genügend: in hinreichender Breite den Fussweg gangbar und den Sommerweg fahrbar zu halten. Beide Bahnflächen zweimal im Jahre vom Grünen zu reinigen, damit das Wasser nach der Seite stets ungehindert abfliesse.

Als Gangbreite genügen in der Regel 4 — 6 Fuss (1m,17 — 1m,75): für freie Fahrbreite auf Sommerwegen 8 — 12 Fuss (2m,31 — 3m,50), zunächst an der Steinbahn (§. 418). — Die überschiessende Breite des Banketts und Sommerweges (wo gewöhnlich Bäume stehen, oder Unterhaltungsmaterial und der Abraum abgelagert sind) kann in Grasnarbe bleiben: sie gewährt Grasnutzung, schützt die innere Grabenkante gegen Wasser und Risse. Wird der Sommerweg nicht häufig benutzt, so ist nur ein Streifen von 1½ bis 2 Fuss (0m,438 bis 0m,584) Breite neben dem Steinbahnborde von Gras frei und in gleicher Höhe mit dem Borde zu erhalten (§. 419) (damit Gras nicht in das Steinbahnbord wächst und es auflockert, und weil die Pferde sonst nicht gern von der Mitte der Steinbahn wollen). Doch muss durch offene Rillen in der Grasnarbe und in dem Rasenborde stets für den freien Wasserabzug nach dem Graben hin gesorgt werden. Diese Rillen sind in der Regel zwischen zwei Bäumen anzubringen. Seitengefälle der Fuss- und Sommerwege regelmässig in Sandboden ¼ Zoll, in schwerem Boden ⅓ bis ½ Zoll pro Fuss der Breite, also resp. $^1/_{48}$, $^1/_{36}$ und $^1/_{24}$; auf Strecken von mehr als $^1/_{24}$ Längengefälle etwas mehr, damit jedenfalls zur Seite das Wasser abfliesse. — Auf mindestens 1½ Fuss Breite neben dem Steinbahnborde sollen alle Banketts (abgesehen von den aus Kopfsoden aufgesetzten) frei von Gras sein. (Aus denselben Gründen, wie vorhin beim Sommerwege.) (§. 423.)

Am billigsten sind diese Arbeiten im Frühjahre in mergelartigem, thonigem und lehmigem Boden, weil dieser dann locker und der Graswuchs am leichtesten zu vertilgen. In Sandboden auch im Sommer. Besonders eingerichtete Pflüge und Eggen sind oft mit Vortheil zur Reinigung des Sommerweges zu benutzen.

ad 5) Ausräumung der Seitengräben.

Braucht nicht jährlich wiederholt zu werden, aber dann vorzunehmen, wenn schädlicher Stau des Wassers oder Verminderung des Abzugs eintritt, woher Ansteigen der Grundfeuchtigkeit zu befürchten. — Beste Jahreszeit: Frühling, weil der Boden noch weich und die Böschungen nebst neuer Sohle sich am leichtesten wieder begrasen. Im wasserreichen Tieflande dagegen: trockene Jahreszeit zur Ausschlotung des Grabens zu benutzen. — Die gewonnene Erde ist in Haufen auf dem Materialraume zu lagern und, soweit sie nicht für die Strasse benutzt wird, baldmöglichst zu beseitigen (§. 427). Diese Graben-

aushebung und Planirung der Fuss- und Sommerwege steht strecken- und zeitweis in gewisser Verbindung mit:

ad 6) der allgemeinen Herstellung des ursprünglichen Querprofils der Strasse.

Nicht jährlich, nur nach einer Reihe von Jahren; in der Regel genügend, wenn sie der gänzlichen Ueberdeckung der Steinschlagbahn, oder der Umlegung von Pflasterbahnen auf dem Fusse folgt. — Oft kann man Grabenerde benutzen zur Ausfüllung der Vertiefungen in Fuss- und Sommerwegen, welche namentlich bei Sandboden oft ausgeweht werden. (Zur Verhütung des Auswehens früher angegeben: Bepflanzen der Strassen und Böschungen, wo ohne Gefahr der Schneeanhäufung dies geschehen kann, mit dichtem Buschwerk: Ellern, Weiden etc.).

Sandige Fuss- und Sommerwege (letztere in mindestens 8 Fuss ($2^{m},_{31}$) Breite und 4 Zoll ($9^{cent.},_{72}$) hoch) mit festem und bindendem Boden zu bedecken. Bei fettem und graswüchsigem Boden: Fusswege mit sandigem und magerm Erdreich, Sommerwege mit Steingerölle, feinem Grande oder Kies verbessert und dadurch die Unterhaltung verringert. — Im nassen Boden: Fuss- und Sommerwege durch Drainirung trocken gelegt.

Die Erhaltung des Profils erstreckt sich auch auf den Damm und die Einschnittsböschungen. Besonders bei Thalstrassen feindlichen Angriffen von Fluss- und Regenwasser ausgesetzt. Was bei Neubau versäumt, sofort nachzuholen, wie dort angegeben. Bekleidung mit Gräsern. Bergwasser oberhalb abzufangen, auf einzelnen Punkten zu concentriren, in befestigten Rillen die Böschung hinunter; Wassereinrisse sofort auszufüllen und zu stampfen. Aeussere Grabenkante und Stellwanne ebenfalls zu erhalten. Befestigung der Gräben, wie beim Neubau angegeben (pag. 250), im Stande zu erhalten.

ad 7) Aufräumung verschneiter Bahnstrecken.

Wenig allgemeine Regeln, in den meisten Fällen nach Umständen handeln. Den Gang der Witterung beobachten, nicht zu früh anfangen, auch nicht zu spät, wenn der Schnee schon gelagert und festgefroren. Windwehen (hohe Schneeanhäufungen) vorher wegzuschaufeln, Verstopfungen auszugraben. Beim Aufthauen hoher und dichtgefahrener Schneestrecken bilden sich oft Gleise, welche bald zu entfernen sind, damit sie nicht auf die erweichte Steinbahn übertragen werden. — Schnelle Ableitung des Thauwassers, zunächst von der Steinbahn. Oeffnen der Gräben vor Eintritt des Thauwetters. Bei nassen aufgeweichten Stellen: Grippen durch den Sommerweg und das Bankett, um Wasser abzuleiten; dabei Vorkehrungen zur Sicherheit des Verkehrs, erkennbare Bezeichnung dieser Stellen, erforderlichen Falls Bewachung. Schneepflug anzuwenden, wenn längere Strassenstrecken nach gleichmässigem Schneefall etwa 9 Zoll bis 1 Fuss ($21^{cent.},_{87}$ bis $29^{cent.},_{21}$) hoch mit Schnee bedeckt sind, und erst dann, wenn der Schneefall

aufgehört hat. Jährlich etwa 13 Pfennige pro Ruthe (2,8 ₰ pro Meter) zu veranschlagen [1].

Ein Rückblick auf diese Arbeiten, welche sich auf die Oberfläche der Strasse beziehen, lässt leicht erkennen, dass das Maass und die Kosten dieser Unterhaltungsarbeiten nur in einzelnen Beziehungen von der Frequenz der Strasse abhängig sind, so dass solche nicht in allen Beziehungen den Maassstab für die Unterhaltungskosten liefert. Ferner erkennt man, dass sorgfältiger und vollständiger Neubau die Unterhaltung der Strasse sehr erleichtert. Selbst unwesentliche Unterhaltungsarbeiten, z. B. Abschlammen und Besanden, können bei fehlerhafter Anwendung und Ausführung die Unterhaltungskosten sehr vermehren, weil sie sich bei erheblicher Länge der Strasse vervielfältigen.

Daher ist auch die kleinste Arbeit der sorgfältigen Behandlung werth und mit zweckmässigen Geräthschaften vorzunehmen.

II. Wiederherstellung des abgenutzten Steinbahnkörpers.

A. Auf Steinschlagbahnen.

Zerstörung, wie bemerkt: durch chemischen und mechanischen Process. — Wegführung allmälig auf natürlichem oder künstlichem Wege. Widerstand gegen Zersetzung: hauptsächlich abhängig von mineralogischer Beschaffenheit. Quarzige Steine: die grösste, thonige und mergelartige: geringste Dauerhaftigkeit. — Quarzfels und Kreidekalk: Gegensätze.

Zerstörung auf mechanischem Wege: Abhängig von Festigkeit und Härte des Besteinungsmaterials, von Anzahl, Gewicht und Bauart der Fuhrwerke, und von der Bauart der Strasse selbst.

Pflasterartiger Unterbau (Packlage) beschleunigt die Zerstörung der Steinbahn mit abnehmender Stärke derselben in steigendem Maasse. — Anders ist es bei macadamisirten Strassen.

Rückwirkende Festigkeit der natürlichen Bausteine, auf □ Zoll Grundfläche geschliffener Würfel bezogen, in weiten Grenzen zwischen 800 und 32000 Pfund (67^{k},5 bis 2700^{k} pro □ Centim.) schwankend. — In engeren Grenzen, weicher Sandstein 3000 Pfund (253^{k} pro □ Centim.), Quarzfels 30000 Pfund (2532^{k} pro □ Centim.). Härte zwischen 1 und 10: Talk die unterste, Quarz die siebente, Diamant die zehnte Stufe [2].

---

[1]) Der Ansatz von 13 ₰ für Aufräumung einer Ruthe verschneiter Bahnstrecke ist etwas hoch. Es würden darnach für eine Meile oder 1587½ Ruthen = 68 ℛ 23 gr 8 ₰ oder für die von der Provinz Hannover im Jahre 1862 zu unterhaltenden 365 Meilen jährlich = 25,109 ℛ 17 gr zu veranschlagen sein. Ein Ansatz von 5 ₰ pro Ruthe ist ausreichend.

[2]) 1. Talkhärte, 2. Gyps oder Steinsalz, 3. Kalkspath, 4. Flussspath, 5. Apatit, 6. Feldspath, 7. Quarz, 8. Topas, 9. Korund oder Saphir, 10. Diamant.

Ruhiger Druck des einzelnen Wagenrades, auf die Berührungsfläche mit der Bahn bezogen, variirt zwischen 100 und 4000 Pfund pro □ Zoll (8^{k},4 – 337^{k}) *Unterschied in der Frequenz* in seinen äussersten Grenzen *zuweilen* 1 : 120, nicht selten 1 : 10.

Wegen dieser verschiedenen Grössen, Abnutzung verschiedener Strassen auch sehr verschieden. Vor etwa 20 Jahren (1846) in Hannover noch 1 : 25, nach Einführung besseren Materials auf frequenten Strassen noch jetzt etwa wie 1 : 12.

Es kommt danach alles darauf an:

„das Maass der Abnutzung des Oberkörpers der Steinbahn durch künstliche Mittel und mit dem grössten ökonomischen Effect auf ein *Mininum* zu reduciren“.

Das finanzielle und commercielle Interesse gehen dabei Hand in Hand: denn die Abnutzung ist um so grösser, je mehr die Unebenheit der Oberfläche zunimmt, und je ebener und fester die Bahn, um so leichter bewegen sich die Fuhrwerke.

Je mangelhafter also die Unterhaltung ist, desto grösser wird die Abnutzung der Strasse, und umgekehrt.

Die Erzielung der grössten Vollkommenheit in der materiellen Beschaffenheit der Bahnen liegt daher im staats- und volkswirthschaftlichen Interesse.

Daher Aufgabe der Wegbautechnik in dieser Beziehung: *Das preiswürdigste Material, von dem nöthigen Grade der Dauerhaftigkeit, Härte und Festigkeit, zu einem auf seiner Oberfläche möglichst glatten Bahnkörper zu verbinden und diese Ebenheit der Oberfläche so lange und so gut wie möglich zu erhalten.*

Beispiel für die Richtigkeit dieses Satzes:

Es führe eine 3 Meilen (22^{km},28) lange Strasse von einer ergiebigen Steinkohlengrube nach einem benachbarten Handelsorte, für dessen Bedarf jährlich 500,000 Himpten (circa 13,500,000 Kilogr.) Steinkohlen [1] auf jener Strasse gefahren werden.

Wegen beschränkter Mittel sei anfangs die Strasse der Art, dass pro Pferd nur 35 Himpten Steinkohlen geladen und zur Stelle geschafft werden können, wie solches noch vor etwa 20 Jahren auf den besteinten Bergwerksstrassen vom Deister nach Hannover wirklich der Fall war.

Bei diesen Verhältnissen kostete die Unterhaltung der gedachten Zufuhrstrasse jährlich etwa 1500 ₰ pro Meile (202 ₰ pro Kilom.), im Ganzen also 4500 ₰. Zur Herbeischaffung der 500,000 Himpten war überhaupt die Arbeitsleistung von 14,286 Pferdetagen, oder 39 Pferde per Tag im Jahr nöthig, deren Wartung, Führung und Unterhaltung, incl. des Wagens und Geschirrs, pro Kopf

[1] 1 Himpten = 54 Pfund.

täglich mindestens $1^1/_3$ ₰, im Ganzen 19,048 ₰ kosteten. An den drei Weggeldstätten der 3 Meilen langen Strasse wurden von jenen 14,286 Pferden 2678 ₰ Weggeld jährlich aufgenommen. Jetzt werden nun aber $1^1/_2$ mal so viel Geldmittel, also 2250 ₰ pro Meile (303 ₰ pro Kilom.), im Ganzen 6750 ₰ jährlich, zur bessern Unterhaltung derselben Strecke verfügbar gemacht. In Folge dessen kann die herabgekommene, im Winter von Gleisen durchschnittene Fahrbahn, mit dem alten, weichen, aber billigeren Material zuerst ins Normalprofil gesetzt, und darauf mit dauerhafterem und festerem, aber nur mit höheren Kosten (aus grösserer Entfernung) herbeizuschaffenden Gestein unterhalten werden, wobei die Beschaffenheit der Bahn sich so weit verbessert, dass gegen den alten schlechten Zustand jetzt mit $^2/_3$ der früheren Zugkraft für dieselbe Wagenlast ausgereicht wird.

In weiterer Folge dessen sinkt nun aber die Weggeld-Einnahme auf $^2/_3$ des alten Betrages herab, weil die Anfuhr jener 500,000 Himpten jetzt schon mit 9524 Pferden in einem Tage beschafft werden kann, deren Unterhaltung nur noch 12,698 ₰ kostet.

Die Ausgaben wegen der Beschaffung des fraglichen Kohlenquantums in die Stadt betrugen also im ersten Falle:... 19048 ₰ + 4500 ₰ = 23548 ₰
Im andern Falle betragen sie nur......... $^2/_3$. 19048 + 6570 ₰ = 19448 ₰

Der volkswirthschaftliche Vortheil ist also = 4100 ₰,

weil diese für dieselbe Leistung weniger erforderlich sind; oder was dasselbe ist, der Staat leistete im ersten Falle: 4500 — 2678 = 1822 ₰ Zuschuss, im andern Falle: 6750 — 1785 = 4965 ₰; er muss dann also 4965 — 1822 = 3143 ₰ von den Fuhrleuten mehr verlangen. Diese ersparen aber, da der Werth ihrer Transportleistung an sich derselbe bleibt, $^1/_3$. 19048 = 6350 ₰ und noch $^1/_3$. 2678 = 893 ₰ an Chausseegeld, also zusammen 7243 ₰; mithin bleibt ihnen, nachdem sie den Staat in demselben Maasse wie vorhin befriedigt haben, eine Transportleistung, welche 7243 — 3143 = 4100 ₰ werth ist, verwendbar.

Aehnliche Beispiele können aus der Erfahrung angeführt werden. Auf vielen Strassen ist der mittlere Widerstands-Coefficient von $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ (auf der Horizontalen) auf $^1/_{40}$ bis $^1/_{60}$ vermindert worden. Der Gewinn für das Gemeinwohl, welcher sehr hoch anzuschlagen, ist in solchen Fällen keineswegs durch die Zunahme im Weggelde — (welches pro Pferd erhoben wird) — ausgedrückt, weil die Fuhrwerke schwerer laden, wobei natürlich die Anzahl Zugthiere abnimmt, also auch der Weggeldertrag.

Folgende Sätze hat man sich einzuprägen, um den günstigsten ökonomischen Effect bei der Unterhaltung durch die Art der speciellen Ausführung zu erreichen.

1) Wo in Folge eines unvollständigen Neubaues, einer missbräuchlichen Benutzung der Strasse, einer Unzulänglichkeit der Unterhaltungsmittel oder aus noch anderen Ursachen eine Steinschlagbahn im Querprofil ganz heruntergekommen ist, da bringe

man dieselbe baldmöglichst wieder in ihren normalen Zustand, d. h. zu einer genügenden Stärke, einer zweckmässigen Wölbung und zu möglichst grosser Dichtigkeit und Ebenheit zurück.

Zu dem Ende, damit an keiner Stelle zu viel oder zu wenig geschehe, dürfen Kantensteine für Richtung, Breite und Höhe der Bahn nicht fehlen. Wenn solche zerfahren oder zerfallen: zu erneuern; durch Frost gehobene zu senken, damit nicht falsche Lehre entsteht.

Durchschnittliche Stärke des Bahnkörpers (je nach Untergrund, Material, Fuhrverkehr etc.) bei gehöriger Unterhaltung in der Regel mit 8 — 11 Zoll ($19^{cent},_4$ — $26^{cent},_7$) genügend, bei Packlagerunterbau 1 — 2 Zoll ($24^{mm},_3$ — $48^{mm},_6$) mehr. Die Wölbung ist früher (§. 56) schon angegeben. Wo der Normalzustand fehlt, hilft die Flickerei wenig, weil, wenn besseres und theures Material vorhanden, dies nicht in der halben Höhe der Bahn vergraben werden darf. Die Nässe (Todfeind aller Strassen) ist von den muldenförmigen Vertiefungen nicht mehr abzuleiten, die holperige Oberfläche verursacht Stösse, dadurch erfolgt schnelle Zertrümmerung des Materials im Oberkörper um so mehr, je schwächer er ist, und je höher daher die Grundsteine heraufreichen.

Man arbeitet der Zerstörung und Verschwendung desto wirksamer in die Hände, je länger man die Herstellung des fehlenden Normalzustandes verschiebt.

2) Was an Wölbung und Dicke der ganzen Bahn allmählig verloren geht, ist nicht im Kleinen, sondern im Grossen dann zu ersetzen, wenn diese Abnutzung ein bestimmtes Maass, etwa 4 Zoll (etwa 10 Centim.) auf der Mitte abgerundeter Bahnen von 12 bis 16 Fuss Breite ($3^m,_5$ — $4^m,_5$), und etwa 5 Zoll ($12^{cent},_{25}$) auf der Mitte von 18 — 20 Fuss ($5^m,_{25}$ — $5^m,_8$) breiten Bahnen erreicht hat.

Diese Wiederherstellung muss in Strecken geschehen, deren Länge so viele Male in der ganzen Meile oder in noch längeren Strassenabtheilungen aufgeht, wie die neue Steinschlagdecke an Jahren bis zur gänzlichen Wiederabnutzung aushält.

Auf solchen Strassen, wo wegen geringer Frequenz und wegen hoher Güte des Materials die Abnutzung der Bahn nur unbedeutend ist, kann es nützlich und nothwendig sein, schwächere Decken öfter zu bilden und deren Breite auf 10 bis 14 Fuss in der Mitte der Bahn zu beschränken, wobei die neue Decke zu beiden Seiten etwas in den alten Bahnkörper einzulassen ist.

Einzelne Löcher, Gleise oder muldenförmige Vertiefungen in der Oberfläche der Steinschlagbahn, wenn sie über 1 Zoll ($24^{mm},_3$) tief und dann schon Pfützen bilden, bei günstiger Witterung mit Material bis zur Höhe der Bahnfläche (niemals höher) auszufüllen. Vorher schadhafte Stellen aufzulockern, grösser als das Loch auszuhauen, mit steilen Wänden zu versehen, neues Material dicht zu packen, mit dem alten gut zum Anschluss zu bringen. Auf die oben angege-

bene Weise wird beim Deckenbetriebe jährlich auf jede Meile ein Längentheil ganz übersetzt, der übrige nur im Kleinen ausgebessert. Diese vereinzelten kleinen Bahnreparaturen sind nur als nothwendiges Uebel zu betrachten und auf ein Minimum zu beschränken, weil sie eine hinhältliche Besserung bezwecken.

Das alte Verfahren, durch vereinzelte stärkere Reparaturen die Bahnfläche zu ebnen und die Dicke wieder herzustellen oder das Flicksystem ist theuer, von geringem Erfolg und zur Belästigung des Verkehrs, daher zu verwerfen und der Deckenbetrieb in grösstmöglicher Ausdehnung durchzuführen; schon beim Neubau ist die Bahn entsprechend vorzurichten, d. h. Macadamisirung zu wählen, weil der Deckenbetrieb bei dieser Bauart der Strasse am vollkommensten durchgeführt werden kann. Bei Packlager ist der Deckenbetrieb zwar auch anwendbar, indessen müssen die Decken stärker gemacht werden, damit der Druck der Wagenräder bis zur Tiefe des Packlagers möglichst abgeschwächt werde und die Abnutzung nicht zu unregelmässig geschehe [1]).

---

[1]) Die folgenden Vorschriften finden sich in der Hannoverschen Instruction:

Steinschlag- und Grandbahnen. a. fortwährende Erhaltung des normalen Profils: Flicksystem. Am meisten (abgesehen davon, dass es möglichst überhaupt zu verlassen) ist dies System noch anwendbar für Bahnen in günstiger Lage, die wenig Frequenz haben und mit guten Materialien versehen sind, welche ein feines Korn des Steinschlags gestatten, wo die Abnutzung durch eine Schicht ersetzt werden kann, welche wegen der Feinheit des Korns unter beförderlichen Witterungszuständen selbst ohne Walzen zu binden ist.

§. 352. 1) Strassenstrecken, deren Bearbeitung mit der Walze erhebliche Hindernisse entgegenstehen, 2) in der Regel auch Strassenstrecken, welche eine Neigung von $^1/_{20}$ und darüber haben, sind nach folgenden Vorschriften zu unterhalten:

§. 353. Die Reparaturen sind wo möglich im Herbste, vor Eintritt des Frostes auszuführen. Die bis dahin nicht vollendeten Reparaturen sind nach dem Frostaufgange, vor Eintritt der trockenen Frühjahrzeit, fortzusetzen.

§. 354. Die entferntesten Baustellen derjenigen Strecken, auf welchen Herbeischaffung der Arbeitskräfte und künstliche Nässung die meisten Schwierigkeiten hat, sind zunächst zu bearbeiten.

§. 355. Deckt eine stärkere Schlammmasse die Strasse, als zum Schutze der Steinbahn zulässig und wünschenswerth ist, so sind die Unterhaltungsarbeiten mit dem Abziehen des Schlammes zu beginnen. Bei starker Anhäufung, so wie bei unvollständiger Auflösung des Schlammes, ist das Abziehen erforderlichen Falles zu wiederholen.

§. 356. Haben sich Gleise gebildet, so ist die verschlammte lockere Masse rein auszuräumen, auch sind die Gleiseinschnitte mit scharfen, lothrechten Rändern zu versehen.

§. 357. Wenn sich die Abnutzung der Bahn in breiterer Ausmuldung eines oder mehrerer Fahrstriche darstellt, so soll die Reparatur diese Mulden (auf schmalen Bahnen je nach Erforderniss eine Mulde oder beide) in thunlichst zusammenhängenden langgezogenen Figuren, in ihrer ganzen Ausdehnung überdecken.

§. 358. Die Ränder der zu bessernden Bahntheile, nöthigenfalls auch die Grund-

3) **Man wähle zu den neuen Steinschlagdecken ein Material von genügender Festigkeit, Dauerhaftigkeit und Härte, wobei unter sonst gleichen Umständen das bindungsfähigere den Vorzug vor dem mageren Gestein verdient.** (Schädliches Aufwickeln von zu kleberigem Material.)

---

flächen, sind hinreichend tief aufzulockern. Die Arbeiter sollen dabei die Kreuzhacke möglichst flach nicht auf, sondern gegen die zu lockernden Steine führen.

§. 359. Dann wird das zu verbauende Material auf die zu bessernden Bahntheile geschüttet, dicht zu einer Steinlage zusammengeschoben, und schliesslich die losgehauene Masse an den Rändern angezogen. Es sind solche Massen Material aufzubringen, dass im Ganzen das normale Profil der Strasse erhalten wird.

§. 360. Die gebesserten Strecken dürfen auch im Fall des §. 352 (2) durch Walzen gedichtet werden, wenn mehr als $1/_8$ Kasten (à 16 Cubikfuss) Material pro □ Ruthe (2283 Cub.-Centim. pro □ Meter) verbaut ist.

§. 361. Wird die Walze nicht angewendet, so ist dahin zu wirken, dass die gebesserten Stellen durch das passirende Fuhrwerk gedichtet werden. Hat dann das Besserungsmaterial sich fast völlig consolidirt, so wird dasselbe mit Steingrus gleichmässig überstreut, und letzteres nöthigenfalls eingefegt.

§. 362. Wird die Walze nicht angewandt, und ist auch die Dichtung der gebesserten Strecke durch das Fuhrwerk nicht zu erwarten, so soll künstliche Dichtung durch Stampfen (Rammen), unter Anwendung von Bindematerial eintreten.

§. 363. Behuf völliger Dichtung und Glättung der gebesserten Stellen sind Sperrzeichen auszulegen.

b. Deckenlegung und hinhältliche Besserung. Besonders durchaus nöthig für Bahnen von minder widerstandsfähigem und gröberes Korn erforderndem Steinschlage, weil sich durch die jährlichen Deckungen eine kräftigere Nachhülfe schaffen, und zugleich durch die künstliche rasche Bindung der in mehreren Steinlagen aufzutragenden Decken das Abrunden, Zerreiben und Zerdrücken der einzelnen Steinstücke beschränken lässt.

§. 364. Strassenstrecken, bei denen die Voraussetzungen des §. 352 nicht zutreffen, sind durch hinhältliche Besserungen in ihrer jeweiligen Oberfläche so lange möglichst eben zu erhalten, bis die abgenutzte Stärke des Steinbahnkörpers streckenweise durch vollständige Decken wieder hergestellt werden muss. Vertiefungen in der Fläche der Bahn sind erst dann zu bessern, wenn sie mindestens der Stärke eines Steines entsprechen.

Uebrigens finden die Vorschriften der §§. 353 bis 363 auf diese hinhältlichen Besserungen sinngemässe, auf das Walzen dagegen, wenn mehr als $1/_8$ Kasten Material pro □ Ruthe verbaut ist, stets Anwendung.

§. 365. Decken sind dann anzubringen, wenn 1) bei Bahnen, die aus gleichartigem Material gebaut sind, die Decke in der Regel bis auf die Bordhöhe, ausnahmsweise bis auf einen Zoll unter der Bordhöhe, 2) bei Bahnen mit Decken aus besserem Material, die Decke ganz abgenutzt ist. Erscheint eine Verstärkung der aus besserem Material bestehenden Decke erforderlich, so darf die Abnutzung bis zu dem Maasse dieser Verstärkung fortgesetzt werden, sofern sich nicht durch Heben der Bordsteine die Verstärkung vortheilhafter beschaffen lässt.

§. 366. Eine Decke darf ferner aufgebracht werden, bevor die Bahn bis auf die Bordhöhe abgenutzt ist, wenn die Bahn sich durch hinhältliche Besserungen

Das Maass der Abnutzung des Steinbahnkörpers steht nicht im geraden Verhältniss zur Festigkeit des Materials, denn es wird derselbe entweder zum grössten Theile nur langsam abgerieben oder aber grösstentheils schnell zerdrückt. Im letzteren Falle rasche Steigerung des Materialverbrauchs. Bei Strassen, von schwer beladenen Wagen mit schmalen Radfelgen und viel befahren, widersteht nur dasjenige Material der vorwaltenden Zerdrückung, dessen rückwirkende Festigkeit in geschliffenen Würfeln mindestens 15000 Pfund pro □ Zoll (1266 Kil. pro □ Centim.) beträgt. Nur wenige der am meisten vorkommenden Gesteinsarten haben diesen hohen Grad der Festigkeit.

---

nicht in ebener Oberfläche erhalten lässt, und der Verkehr durch den Zustand der Bahn belästigt wird.

§. 367. Mit der Deckenlegung ist unter Berücksichtigung des Verkehrs und der besonderen Verhältnisse jeder einzelnen Strecke, möglichst nach einem im Voraus bestimmten Plane zu verfahren; die geringste Länge einer zu deckenden Strecke bestimmt sich nach der Vorschrift des §. 151 zu mindestens 80 und höchstens 150 Ruthen Länge (374^{m} — 700^{m}).

§. 368. Die Deckungsarbeiten sind im Anfange des Frühjahrs auszuführen; zu einer anderen Zeit, wenn dies wegen besonderer Umstände angenommen oder nothwendig ist.

§. 369. Die mit einer neuen Decke zu belegenden Strecken sind nach Maassgabe der §§. 388 bis 394 abzuschlämmen.

§. 370. Ist die Oberfläche der zu deckenden Bahn sehr ungleich geworden, so sind vor Aufbringung der neuen Decke, namentlich vor Legung einer zweizölligen Decke aus festem Material (§§. 68 und 70), die grösseren Erhöhungen und Vertiefungen auszugleichen.

§. 371. Ist wegen besonderer Glätte und Festigkeit der Bahn Verschiebung des Deckmaterials unter der Walze zu befürchten, so ist entweder die Oberfläche der Bahn rauh zu machen, oder es sind in Abständen von 3 bis 4 Fuss von jedem Borde ab, in der Richtung nach der Mitte, Rillen von der Tiefe eines Steinkorns und etwa 3 Fuss Länge einzuhauen. Diese Rillen sind über die ganze Breite der zu deckenden Fläche zu ziehen, wenn die Bahn eine Neigung von $^{1}/_{20}$ und darüber hat.

§. 372. Wird nicht die ganze Breite der Bahn gedeckt, so sind den Seitenrändern der herzustellenden Decke entlang, Rillen von eines Steinkorns Tiefe einzuhauen, deren äusserer Rand lothrecht steht, und deren Sohle nach innen flach verläuft.

§. 373. Erfordert die Aufbringung des Deckmaterials einen längeren Zeitraum, und ist ein Sommerweg nicht vorhanden oder schwer zu passiren, so ist auf Steinbahnen von 14 Fuss Breite und darüber, ein mindestens 6 Fuss breiter Streifen in der ganzen Länge der zu legenden Decke am Borde für den Verkehr einstweilen offen zu halten, und erst nach Ueberschüttung der übrigen zu deckenden Strassentheile mit Steinschlag zu belegen.

§. 374. Die neuen Decken sollen an den Endpunkten in die Fläche der nicht gedeckten Bahnstrecken allmählig übergehen.

§. 375. Bei Aufbringung neuer Decken ist eine allgemeine Regelung des Querprofils der Strasse, so weit nöthig, vorzunehmen.

Solche sind aber noch nicht zu theuer, wenn man sie, im verbauten Zustande, selbst 4 bis 5mal so hoch bezahlt, als ein Gestein von der halben Festigkeit, wie z. B. Quarzfels und Basalt gegen mittelmässigen Muschelkalk. (Vergl. Anh. I.)

Erklärung: langsame Zerstörung durch Abreibung; massenhafte durch Zerdrückung. Unterschied im Grossen zwischen Pflasterstein und Steinschlagstück.

Auf Strassen für Reiseverkehr wird dagegen schon minder festes Material, wie z. B. Muschel- und Jura-Kalk, Zechstein etc. mit gutem Erfolge angewendet. Der ökonomische Effect dieses oder jenes Materials ist zu berechnen.

Welche Gesteine die brauchbarsten, darüber siehe §. 54. pag. 230.

4) Man scheue keine Kosten zur vollkommenen Dichtung und Befestigung der neuen Steinschlagdecken und zur Herstellung der grösseren Reparaturen durch Anwendung von Walzen. Hierüber ausführlich im Capitel über Walzen.

5) Von hoher Wichtigkeit für die Haltbarkeit, also auch für die Unterhaltung der Steinschlagbahnen:

das Material nicht feiner zu zerschlagen, als durchaus nöthig, um eine gehörige Verbindung desselben und glatte Oberfläche der Bahn unter Anwendung der Walze zu erlangen.

Der entgegengesetzten Maxime sind zu allen Zeiten und in allen Ländern, namentlich vor Einführung der Strassenwalze, grosse Summen unnütz geopfert.

Uebermässiges Feinschlagen arbeitet der schnellen und leichten Zerstörung in die Hände.

Die rückwirkende Festigkeit von Gesteinen gleicher Art (zum Chausseebau) ist nicht ihrer körperlichen Grösse, sondern bei ähnlichen Körpern dem gleichliegenden Querschnitt, oder der Grundfläche proportional.

Bei der vortheilhaftesten Form, dem Würfel, verhalten sich die Tragfähigkeiten, wie die Quadrate der Seiten mal Festigkeit.

Bei der Pressung der zur Bahndecke tauglichen Steine, namentlich der festen, erfolgen die Risse und Trennungen (bei Versuchen mit Würfeln) in der Regel schon beim halben Zerdrückungsgewicht.

Das Tragvermögen nimmt ferner immer mehr ab, je weiter sich die Form des Steines von der Regelmässigkeit des Würfels entfernt. Letzterer trägt erheblich mehr als ein unregelmässig geformter Stein von derselben Gattung und Grösse, was erklärlich ist, da bei der unregelmässigen Form der Druck meistens auf eine kleinere Fläche kommt, als beim Würfel, oder auch dünne Steine plattliegend getroffen werden.

Dringt Wasser in die Risse eines Steinchens, so wird dieses durch Frost leicht gesprengt.

Die rollenden Wagenräder treffen nicht immer den Kopf, sondern oft die Kante, welche dann zerbricht.

Stoss und Anprall des sich rasch bewegenden Fuhrwerks steigern den Angriff.

Mit der allmähligen Verkleinerung des Steines, im Wege der allmähligen Abreibung seiner Kopffläche, nimmt die Widerstandsfähigkeit weiter ab, bis der Stein endlich zerdrückt wird.

Aus allen obigen Gründen ist für die Haltbarkeit der einzelnen Steine in der Oberfläche nur $1/10$ ihrer Festigkeit in der Form geschliffener Würfel in Rechnung zu bringen. Die Festigkeit verschiedener Strassenbau-Materialien finden sich in der Tabelle im Anhange sub VI. angegeben.

Die Grösse des Drucks der Fuhrwerke auf die Bahn ist ausserordentlich verschieden. Schon früher in Tabelle pag. 293 etc. angegeben, auf ein Rad bezogen. Bei Anwendung derselben zu berücksichtigen, dass die Abnutzung der Radfelgen-Beschläge während des Gebrauchs auf wenigstens 1 Zoll von jeder Kante erfolgt, daher die für Vertheilung des Drucks in Rechnung zu bringende Breite = Felgenbreite minus 2 Zoll auszunehmen. Räder von 5 Fuss Durchmesser berühren etwa mit 1 Zoll ihrer Umfangslinie gleichzeitig die Bahn.

Auch neue Wagenräder von mehr als 6 Zoll Breite schliessen sich doch nur in 5 bis 6 Zoll breiter Zone der Bahn an.

Die Berührungsfläche beträgt mithin für abgenutzte, seitlich abgerundete Radfelgenbeschläge

von	$2^1/_2$	Zoll	Breite,	höchstens	$1/2$	□ Zoll
„	3	„	„	„	1	„
„	4	„	„	„	2	„
„	5	„	„	„	3	„
„	6	„	„	„	4	„
„	7	„	„	„	5	„

Hieraus ergiebt sich die Zahl der Steinköpfe, welche in der Bahnoberfläche gleichzeitig zum Tragen gelangen.

Der Druck eines 2spännigen beladenen Fuhrwerks mit schmalen (3 Zoll breiten) Rädern beträgt 2700 Pfund (1350 Kil.) pro Rad. Die Festigkeits-Tabelle ergiebt, dass bei

28 Cub.-Centim. = 2 Cub.-Zoll Grösse ($1^1/_4$ Zoll Seite [$3^{cent},01$]): 1 und 2 der Tabelle im Anhange:

Quarzfels, quarzreiche und sehr feinkörnige nordische Geschiebe; bei

48,43 Cub.-Centim. = $3^3/_8$ Cub.-Zoll Grösse ($1^1/_2$ Zoll Seite [$3^{cent.},65$]): 3 bis 5 incl. der Tabelle:

Gabbro, Melaphyr, Diabas und feinkörnige Grauwacke; bei

76,79 Cub.-Centim. = $5^3/_8$ Cub.-Zoll Grösse ($1^3/_4$ Zoll Seite [$4^{cent.},25$]): 7 bis 8 incl. der Tabelle:

Thonporphyr, kieseliger Portlandkalk, bester Muschelkalk, Kulsandstein und guter Corallenkalk; bei

114,79 Cub.-Centim. = 8 Cub.-Zoll Grösse (2 Zoll Seite [4cent.,88]): erst 9 und 10 der Tabelle genügen würden.

Die Tabelle zeigt auch, dass, bei geringer Vermehrung der Seite der unregelmässigen Steine, das Tragvermögen sich schon erheblich vergrössert.

Erfahrungsmässig können durch die Walze zu einem ebenen und dichten Bahnkörper verbunden werden:

Gestein von geringer Härte in	6 — 8 Cub.-Zoll Grösse	(86 — 115 Cub.-Centim.)
„ „ mittlerer „ „	4 — 6 „ „	(58 — 86 „)
„ vom härtesten und festesten	2 — 4 „ „	(29 — 58 „)

daher zu beachten und durchzuführen:

dass das Korn des Steinschlags nicht feiner werde, wie solches mit der Rücksicht auf thunliche Schonung des Materials gegen Zerstörung durch den Wagendruck sich vereinbaren lässt.

Gewinn durch derbes Korn des Steinschlags: Ersparung an Steinschlägerlohn, geringerer Verbrauch an Unterhaltungsmaterial, dessen Anschaffung und Zubereitung meistens 50 Proc. der sämmtlichen Unterhaltungskosten auf Steinschlagbahnen in Anspruch nimmt. Daher grosse Summen erspart werden können.

Von der anderen Seite: Zu grober Steinschlag ebenfalls sehr schädlich. Je gröber und fester, um so schwieriger eine glatte Bahn zu bilden, und die Strasse leidet durch stossende und holperige Bewegung der Fuhrwerke ausserordentlich.

Die Bestimmung der Grösse des Steinschlags ist demnach von sehr verschiedenen Umständen abhängig, die mit grosser Vorsicht zu erwägen sind.

6) **Gleiches** Korn des Steinschlags zu erzielen, ist von höchster Wichtigkeit. Gemisch von ungleichen Stücken leistet verschiedene Widerstände, es entstehen ungleiche Abnutzung, holperige Bahn, Vermehrung des Angriffs der Wagenräder, Hindernisse der Bewegung der Fuhrwerke.

Daher genau auf diese Vorschrift zu halten, den Steinschlägern das Zertrümmern der Steine in plattenförmige Scherben und Splitter strenge zu verbieten; für die thunliche Hinnäherung an die Würfelform kommt das Mehr an Steinschlägerlohn nicht in Betracht.

Zur Anweisung und Controlirung sind den Steinschlägern hölzerne Musterwürfel zu geben. Messringe sind unsicher und verführen den Steinschläger zu höchst schädlichem Zertrümmern der Steine.

Man überschätzt das Korn des Steinschlags mit dem Auge um so mehr, je unregelmässiger die Figur der einzelnen Steinstückchen ist.

Zur genauen Ermittelung der Grösse zähle man die Stücke, welche z. B. in

ein Maass von 1 Cub.-Fuss geben, wobei denn auf den Steinschlag die Hälfte (1/2 Cub.-Fuss) zu rechnen ist [1]).

7) Vermischung gleich grosser Steine von Gebirgsarten verschiedener Festigkeit ist eben so schädlich wie im vorigen Falle verschiedene Grössen von gleicher Festigkeit. Aus denselben Gründen wie vorher. Selbstredend sind wohl ganze Decken von hartem Material über weicheres zulässig.

8) Sorgfältiges Aufruthen des Besteinungsmaterials ist eine wichtige Ersparungsmaassregel.

Ersparung an Arbeit hierbei würde man durch 10 bis 50mal grösseren Verlust an Materialwerth zu büssen haben. Je nach dem guten Aufruthen sind 27—46 Proc. des ganzen Volumens an Zwischenräumen vorhanden, und der Cub.-Fuss Material kostet bis zu 5 gr (6 ₰ 21 gr pro Cub.-Meter), das dichte Aufruthen höchstens 1/2 ₰ pro Cub.-Fuss (20 ₰ pro Cub.-Meter).

9) Die Zeit der Ausführung der Unterhaltungs-Arbeiten auf der Steinschlagbahn ist von grosser Wichtigkeit.

Nasse Jahreszeit ist am geeignetsten, weil der Steinkörper locker ist und das Flickmaterial am besten annimmt. Frühling geeigneter als der Herbst. Im Winter gefertigte Decken fallen selten so gut aus wie im Frühjahr. Auch im Spätherbst stets theurer als im Frühjahr. Daher ist der grösste Theil des Unterhaltungsmaterials gleich nach Ablauf des Winters zu verbauen; Herbst und Winter vorzugsweise zur Zubereitung des Materials.

Die Decken sind ohne viel Nachtheil auch noch im Vorsommer zu bilden; Aufschub der kleinen Bahnreparaturen bis zur guten Jahreszeit erhöht aber deren Kosten und ist als ein fehlerhaftes Verfahren zu bezeichnen.

Eine unbestrittene Wahrheit: dass die Unterhaltungskosten der Steinschlagbahnen desto geringer, je sorgfältiger und rechtzeitiger die Wartung ist, folgt aus dem Vorhergehenden.

B. Wiederherstellung des abgenutzten Steinbahnkörpers auf Pflasterbahnen.

Gepflasterte Bahnen (Klinker ausgenommen) haben weniger durch Angriffe des Fuhrwerks und Verwitterung, als durch Wandelbarkeit des Untergrundes zu leiden.

Angriffe des Fuhrwerks: Abrundung der Kopffläche und Verrückung aus der Bahnoberfläche.

Bei Frostaufgang in feuchtem, dichtem Boden (besonders Lehmboden) werden die Pflastersteine gruppenweise gehoben, verlieren den Stand und werden durch Wagenräder aus der Lage gebracht. Senkungen und Erhöhungen

[1]) Bokelberg. Ueber die Grösse der leeren Zwischenräume im gehäuften, lockeren Steinschlage und in Steinschüttungen anderer Art. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. Band II. 1856. pag. 225.

um so bedeutender, je mehr die körperliche Grösse der einzelnen Pflastersteine in der Fahrlinie verschieden ist.

Geringe und vereinzelte Unebenheiten sind durch Ausbessern des Pflasters auf einzelnen Punkten leicht zu beseitigen.

Erstreckt sich die Unebenheit auf die ganze Breite der gepflasterten Bahn, so ist dieselbe zwischen den Kantensteinen umzulegen. Möglichst lange dies zu vermeiden; kann aber selten ganz unterbleiben.

In der Regel ist die Unterhaltung der Pflasterstrassen (unter übrigens gleichen Umständen) billiger, als die der Steinschlagbahnen, weil der Material-Verschleiss nur durch Abreibung stattfindet. — Mangel an Grand, Kies und Sand zur Unterbettung und Ausfugung des Pflasters können jedoch die Unterhaltungskosten desselben örtlich sehr steigern.

Die für den Neubau (§. 87 etc.) angegebenen Regeln sind auch beim Umsetzen u. s. w. zu beachten. Reihenpflaster ist ökonomischer als jedes andere.

Grosse Härte und Festigkeit ist erwünscht, aber es sind nicht grosse Mehrkosten dafür aufzuwenden; denn erfahrungsmässig liefern schon Sandsteine und Klinker von 4000 — 5000 Pfund pro □ Zoll Bruchfestigkeit (338ᵏ — 422ᵏ pro □ Centim.) ein für viele Wegebauten geeignetes Pflastermaterial, wenn es richtig bearbeitet und gebraucht wird. — Kalksteine geben selten gute Resultate. Quarzige Gesteinsarten, die meisten Massengebilde, z. B. Granit, Syenit, Kieselschiefer, Diorit, Diabas, Gabbro, Porphyr, Melaphyr, Basalt, überhaupt eruptive, plutonische, ungeschichtete Gesteine, feste Conglutinate und harte Sandsteine, alle von feinkörniger Structur, verdienen den Vorzug.

Empfehlenswerth ist das Niederrammen oder Niederwalzen [1]) vom Frost gehobener Pflasterflächen zu rechter Zeit, während des nachgiebigen Zustandes des Untergrundes. Umlegung, erst der einen, dann der anderen Hälfte des Pflasters auf breiten, belebten Bahnen ist nicht zu empfehlen, weil die Mitte des Pflasters durch die Passage leicht wieder zerstört wird, auch die Spannung verloren geht. Besser kurze Strecken in ganzer Breite thunlichst rasch wiederherzustellen, eventuell unter Zuhülfenahme der Nacht. — Nachtwache und Beleuchtung [2]).

[1]) Söhlke, über Walzung der Steinpflaster. Zeitschrift des hann. Arch.- und Ing.-Vereins. Band V. 1859. pag. 53.

[2]) Folgende Vorschriften in der hannoverschen Instruction:

§. 396. Auf der Pflasterbahn ist das Deckmaterial zu erhalten, beziehungsweise durch eine Lage von Kies, grobkörnigem Sand, Raseneisenstein, Damm- oder Kuhlerde zu ersetzen, welche jedoch die hervorragendsten Steinköpfe höchstens $1/4$ Zoll (6 Millim.) bedecken darf. In grösseren geschlossenen Orten darf die Wiederherstellung dieser Decke unterbleiben.

a. Kleine Reparaturen.

§. 397. Pflasterbahnen sind durch kleine Reparaturen nachzubessern, so lange dadurch ein befriedigender Zustand zu unterhalten ist.

III. Unterhaltung der Zubehörungen der Strasse.

Brücken und Durchlässe. Normal-Profil zu erhalten, Unterhaltung des Heerdes. Bei Hochwasser und dessen Ablauf, jede Gefahr für die Brücke in den Umständen entsprechender Weise (Steinwurf, Senkwerke, Uferschutz)

---

§. 398. Die kleinen Reparaturen beschränken sich auf Aushebung und Ersetzung einzelner versenkter oder zerstörter Steine, Ausgleichung der Rücken, Gleise und Mulden.

§. 399. Bei Ausbesserung längerer Mulden in der Richtung der Bahn, können die neu zu legenden Streifen in der Pflasterart hergestellt werden, welche planmässig bei künftiger Unterhaltung des Pflasters zur Anwendung kommen wird.

Auch ist es unter Umständen zulässig, für die neu zu legenden Streifen ein besseres, als das die übrigen Bahntheile bildende Material zu verwenden.

§. 400. Die Unterbettung ist nie mehr und tiefer, als unbedingt nöthig, bei Ausführung der kleinen Reparaturen aufzulockern.

§. 401. Die neu einzubringenden Steine sind so hoch zu setzen, dass sie nach vollständiger Bearbeitung durch die Ramme mit den übrigen Bahntheilen in gleicher Höhe stehen.

b. Umlegung des Pflasters.

§. 402. Pflasterstrecken, welche durch kleinere Reparaturen nicht in befriedigendem Zustande gehalten werden können, sind umzulegen.

§. 403. Die Länge der neu zu legenden Strecke soll in der Regel mindestens 15 Ruthen (70^{m}) betragen.

§. 404. Die ganze Breite ist gleichzeitig umzulegen. Die Umlegung in zwei Breitenabschnitten ist nur dann gestattet, wenn die gleichzeitige Umlegung der ganzen Breite den Verkehr übermässig belästigt oder den Kostenaufwand erheblich erhöht.

§. 405. Ist die Unterbettung nicht von der erforderlichen Güte und Stärke, so ist sie nach den für den Neubau ertheilten Vorschriften zu verbessern. Ist die Oberfläche der Unterbettung sehr uneben, so soll sie bis zum tiefsten Punkte der Unebenheit in ganzer Breite gelockert, geebnet und gleichmässig gedichtet werden.

§. 406. Die eingelegten Strecken sollen in der Regel nicht überhöht werden *). Anfang und Ende jeder umgelegten Strecke muss in die Fläche der alten Bahn allmählig auslaufen.

§. 407. Im Uebrigen finden die Vorschriften über den Neubau des Pflasters auch auf Umlegungen Anwendung, auch ist bei Umlegungen die allgemeine Regelung des Querprofils der Strasse, so weit nöthig, vorzunehmen.

§. 408. Wird der auf Pflasterbahnen sich sammelnde Schlamm dem Verkehre

---

*) d. h. sie sollen die alte Höhe im Längenprofil behalten. Man findet namentlich beim Unterpersonal vielfach das Bestreben, bei jeder Umlegung das Pflaster über seine frühere Lage zu erhöhen, wodurch oft erhebliche unnöthige Kosten verursacht werden, indem die übrigen Theile der Chaussee mit erhöht werden müssen. Die Absicht ist dabei, Verbesserungen im Längenprofil zu erreichen, welche aber häufig ganz ohne Nutzen sind.

sofort abzustellen. Bei erheblicher Eisbildung vor den Jochen: Vorsetzen von Pfeilern und Eisbrechern, Eis zu lösen und zeitig zu zerkleinern. Unterhaltung der Fugung, des ungehinderten Wasserabflusses von den Fahrbahnen. — Anstrich des eisernen Oberbaues.

Bei hölzernen Brücken: für Erhaltung der Brückentheile wegen Sicherheit des Verkehrs zu sorgen. Neben unsicheren Balken Nothbalken einzuziehen. Bei Auswechselung des Bohlenbelags alle noch brauchbaren alten Bohlen neben einander, neue ebenfalls neben einander. Bei Besserungen des Bohlenbelags ungleiche Höhen zu vermeiden; Holzanstrich unterhalten. Holzwerk an Brücken und Eisbrechern, von Schlamm, Rasen und Strauchwerk rein zu halten.

Baum- und Buschpflanzungen gehörig im Stande zu halten, Beschädigungen sofort zu beseitigen und zu ersetzen. Obstbäume: Förderung des Wuchses und der Stammstärke. Jedes Frühjahr der ersten 6 Jahre: Stutzen des Leitholzes, Nachsehen der Bänder während der Saftperioden, Ausschneiden schadhafter Stellen der Rinde und Verbinden. Längsschnitte zur Entwickelung des Stammes magerer und kränklicher Kernobstbäume, vorsichtig Längsschnitte bei Steinobst, wenn schädliche Harzflüsse nicht zu erwarten.

Lockern und Durchharken der Baumscheibe, an trockenen Stellen Wasserrillen zu den Baumscheiben zu leiten, an nassen Stellen Ränder der Baumscheiben durchschneiden, oder ganz beseitigen. Raupen (im Mai) zu vertilgen, durch Anstreichen und Bespritzen mit Tabacksabsud, Auflösung von brauner Seife, Zerdrücken etc.; nicht die Bäume mit Theer anstreichen. Der Beschädigung durch Vieh oder Frevel ausgesetzte Bäume durch Mauern, welche etwa 2 Fuss hoch in einem Ringe von 4 Fuss äusserem Durchmesser in Chausseeschlamm aufgesetzt werden, Schlammhaufen, Dornen, oder sonstige Mittel zu schützen.

So lange die Bäume nach Grösse und Stärke noch nicht zum Fruchttragen geeignet, sind die Blüthen gleich nach der Entwickelung auszubrechen. — Die Wurzelausläufer sind unmittelbar an ihrem Ursprunge zu beseitigen; die Rinde der Bäume soll glatt, weich und frei von Moos erhalten werden; wenn nicht so beschaffen, mit dünner Auflösung von gelöschtem Kalke zu überziehen.

Sind die Kronen junger Stämme der Beschädigung durch den Anfall grösserer Vögel ausgesetzt, so ist am oberen Ende der Baumstange ein Dornen- oder Nadelholz, oder eine Querstange zu befestigen (z. B. die Krähen setzen sich gern auf die Krone junger Bäume, und brechen leicht die Zweige ab). —

---

lästig, so ist derselbe zu beseitigen. Dabei sind die für das Abschlämmen geltenden Vorschriften zu beachten.

§. 409. Die Vorschriften über Sperrzeichen finden auch hier Anwendung. In den Sommermonaten sind jedoch Sperrzeichen, abgesehen von sehr dringlichen Fällen, nur auf umgelegten oder reparirten Strecken, gleich nach Ausführung dieser Besserungen auszulegen.

Ueber Walzung des Steinpflasters ist das betreffende Capitel nachzusehen.

Gegen Hasenfrass: Umkleidung der Stämme durch mit einer Weide befestigtes Langstroh, oder Busch, welche von Schnee, bis wenigstens in halber Höhe, frei zu halten. In der Reifezeit und bei Aberntung der Früchte die Bäume vor Beschädigung zu schützen; Bäume, welche seit länger als 10 Jahren gepflanzt, in der Regel nicht zu versetzen.

Waldbäume. Auf Stammstärke hinzuwirken, Nebenäste glatt über dem Saume wegzunehmen; Köpfen nur, wenn die Baumart es verträgt, oder der Verkehr es erfordert. Die Ausläufer an den Wurzeln und Stämmen zu beseitigen, gegen Beschädigung durch das Vieh zu schützen (wie bei den Obstbäumen).

Das Köpfen vertragen z. B. Pappeln, Linden, Eschen etc. nicht, aber z. B. Birken, die keine ordentliche Krone wieder bekommen. Der Verkehr kann das Köpfen erforderlich machen, wenn die Zweige eine zu grosse Ausdehnung erlangt haben, oder die Bäume vielleicht am Kopfe zu schwer geworden sind, und desshalb vom Sturme leicht umgeworfen werden.

Buschpflanzungen auf Böschungen und Bermen in möglichst vortheilhaftem Betriebe so zu verjüngen, dass einerseits der Erhaltung und dem Schutze der Strasse genügt wird, andererseits die anliegenden Grundstücke nicht beschädigt werden (z. B. durch Beschattung und Laubfall). Buschpflanzungen neben Ueberläufen in angemessener Kürze zu halten.

Meilensteine, Nummersteine und Wegweiser vollzählig, in gutem Zustande und deutlich erkennbarer Schrift zu halten.

Gebäude in baulich gutem Zustande zu halten. Dächer mit besonderer Sorgfalt nachzusehen.

Capitel X.

Ueber die Walzen und die Walzoperation.

Die Einführung des Walzens beim Neubau und der Reparatur der Strassen ist, neben Befolgung rationeller Grundsätze über die Auswahl und Verwendung des Materials, als einer der wesentlichsten Fortschritte im Chausseebau zu bezeichnen. Man darf keine Kosten scheuen zur vollkommenen Dichtung und Befestigung der neuen Steinschlagdecke und der grösseren Reparaturen durch Anwendung der Walzen.

Ein gehörig festgewalzter Steinbahnkörper enthält etwa 70 bis 80 Proc. Steinmaterial, ein ungewalzter etwa 35 bis 45 Proc.; daher die von löslichen

Stoffen gefüllten Zwischenräume im ersteren 30 bis 20 Proc., im anderen dagegen 65 bis 55 Proc., also fast das Dreifache, betragen. Desshalb ist der Widerstand vom Regen und Thauwetter durchweichter, ungewalzter Bahnen gegen Eindringen von Wagenrädern sehr gering.

Grosser Nachtheil, wenn das Material, das sich lediglich unter dem Druck der Wagenräder langsam verbinden soll, vor der Consolidation sich abrundet und zum Theil nutzlos zerdrückt wird, nicht zu gedenken der grossen Plage, welche dem Fuhrverkehr durch Festfahren der Strasse erwächst. — Ungewalzte Strassen verdienen daher nicht den Namen Kunststrasse.

Hauptsächlich soll erreicht werden, dass die scharfkantigen Steine möglichst durch Ineinanderhaken und feste Berührung sich zu einem Ganzen verbinden; es ist desshalb die Anwendung erdiger Bindemittel zur Beschleunigung der Bindung des frisch verbauten Steinschlags unter allen Umständen dadurch verderblich, dass sie der inneren Festigkeit der Bahn und der nachhaltigen Ebenheit ihrer Oberfläche grossen Abbruch thut, wesshalb dies schädliche Verfahren (gleich einer verfrühten oder übermässigen Benutzung des steinigen und kiesigen Bindematerials) kräftig unterdrückt werden muss.

Die Construction der Walzen ist in verschiedenen Ländern sehr verschieden; erforderlich ist, dass sie veränderlich belastet werden können, zur Verhütung des Umdrehens an beiden Enden zum Vorspannen eingerichtet, weil das Umwenden auf nicht consolidirten Bahnen oder im Erdkasten schwierig, und meistens auch mit Vorrichtungen zum Hemmen versehen sind. Um die Achsenreibung zu umgehen, verlangen Einige, dass man die Belastungsgewichte in oder an dem Walzcylinder selbst anbringe. Doch kann man angehängte Belastungskasten sehr bequem belasten, und nach in Hannover angestellten Versuchen betrug die Zugkraft wegen der Achsenreibung an einer neuen Walze bei völliger Belastung der Kasten nur 15 Pfund ($7^{k},5$). Dies ergiebt nahezu die Rechnung auch, wenn man in $P = \frac{\rho f Q}{r}$ setzt: $r = 36$ Zoll ($87^{cent.},5$); $\rho = 1$ Zoll ($2^{cent.},4$); $f = 0,08$; $Q = 6000$ Pfund (3000^{k}), wo sich P zu $13,3$ Pfund ($6^{k},6$) findet.

De Cessart soll 1787 zuerst das Comprimiren der Chausseen durch schwere Walzen eingeführt haben. Seine Walze ist 8 Fuss ($2^{m},3$) lang, hat 3 Fuss ($0^{m},88$) Durchmesser und ist 70 Centner (3500^{k}) schwer. Ausgedehntere Anwendung in Frankreich durch Polonceau (Erbauer der Caroussel-Brücke in Paris) 1830 [1]).

Erste Walzen: hohle, auch massive hölzerne Cylinder mit Eisen beschlagen, mit Steinen, Sand oder Lehm gefüllt. 1,5 Meter lang, 2 Meter Durchmesser,

---

[1]) Ueber Chausseewalzen von Treuding. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. Band VII. Heft 1 und 2. 1861. pag. 85.

ohne Belastung 3115 Kil., mit Belastung 8000 Kil. Vielfache Reparaturen, daher besonders später in Deutschland, von Stein, meistens aus Granit. Verlieren bald runde Form, desshalb ungleichmässige Wirkung, Erschwerung der Zugkraft. Gewicht nur durch Belastung der Achsen variabel. Für den Anfang der Walzoperation zu schwer.

Daher durch hohle gusseiserne Walzen ersetzt: unveränderlicher, Gewicht durch Wandstärke zu normiren, Belastung im Innern.

Gestelle (Ziehgatter) aus Holz oder Schmiedeeisen.

Beschwerung im Innern oder durch unter oder auf dem Ziehgatter befindliche Kasten mit Steinen, Kies, Sand, Lehm, Gusseisenstücken, in neuerer Zeit auch durch Wasser.

Beschwerungskasten am besten unterm Gestell, leichter zu füllen und zu entleeren; über demselben: schwankt die Walze zu sehr.

Um den Transport und die Fortschaffung auf schlechten Wegen zu erleichtern und beim Transport gegen das Umwerfen zu schützen [1]) ist das Gestell auch wohl mit Rädern versehen und die Walze zum Aufschrauben eingerichtet. (Walze von Bouillant). Bei einseitigen Walzen auch ein Trabantenrad vor derselben, um den Zugthieren das Gewicht das Gatters abzunehmen.

Walze von Houyau, wobei sich der belastete Kasten auf einer Drehscheibe, nebst der Deichsel, drehen lässt.

Walzen mit Wasserfüllung. Uebelstände, wenn nicht ganz gefüllt, auf Steigungen, weil das Schwanken des Wassers die Zugkraft ruckweise vermehrt. Im Winter ist sie, wenn gefüllt, vor Frost zu schützen.

Im grossen Durchschnitt kann das Gewicht einer völlig belasteten Walze zu 120 Centner (6000^{k}) angenommen werden, zu deren Fortbewegung, bei schon einigermassen befestigter Bahn und bei gewöhnlich vorkommenden Steigungen, etwa 6 bis 8 Pferde erforderlich sind.

Kosten des Walzens nach Durchmesser, Art und Weise der Belastung, geringer oder grösserer Zugkraft der Pferde, Niveauverhältnissen der Bahn, Witterung und Art des Materials verschieden; variiren z. B. von 17,5 gr bis 1¾ ₰ pro □Ruthe (8 bis 25 ₰ pro □Meter) frischer Steinschlagdecken von

---

[1]) Indessen ist die Zweckmässigkeit dieser Construction sehr anzuzweifeln, da nicht einzusehen, wie eine solche Walze auf schlechten Wegen leichter zu transportiren ist, wenn man sie auf ein mangelhaftes Fuhrwerk mit niedrigen Rädern bringt, und da gewiss die wälzende Reibung der Walze geringer ist, als die Gesammtreibung des Fuhrwerks. Will man beim Transport auf sehr unebenem Terrain das Umwerfen der Walze verhüten, so steckt man durch das Gestell an jeder Seite einen 20füssiger Sparren als Hebel, woran zwei Mann die Walze gegen das Umfallen halten können. Beschreibung dieser Walze in Annales des ponts et chauss. 1854. I. Sem. pag. 95; auch in der Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins. I. 1855. pag. 339 A.

3 bis 4 Zoll Mächtigkeit, im Mittel zu 1 ₰ pro □ Ruthe (14 ₰ pro □ Meter) zu rechnen [1]). Principmässig die Anordnung: die unbefestigten Lagen zuerst mit einer Walze von geringem Gewicht zu befahren, und dann mit nach und nach zu belastender schwerer Walze, um die Zugkräfte möglichst auszunutzen, und weil der festgewordene Steinkörper immer mehr tragen kann und der Steinschlag sich weniger verschiebt. Geschwindigkeit der Pferde etwa 2 Fuss ($0^{m},6$) per Secunde.

Dauer der Walzung. Eine 12 Fuss breite Steinschlagbahn mit Packlager und 6 Zoll starkem Oberbau von Kieselsteinschlag musste mit einer etwa 140 Centner schweren Walze 438 mal übergewalzt werden, bevor sie völlig consolidirt war; an einer anderen Stelle war eine Steinschlagbahn von gleicher Breite mit Packlager und 4 Zoll starkem Oberbau von Kieselsteinschlag bis zur völligen Consolidation 290 mal zu überwalzen. In beiden Fällen wurde der Grundbau nicht gewalzt. Im ersteren Falle bestand der Strassendamm aus Sandboden, im letzteren Falle aus lehmigem Boden.

Polonceau [2]) hat eine, wie das Querprofil geformte, concave Walze angewendet, welche aus mehrfachen Gründen unzweckmässig ist. Auch verringert sich bei dieser Form der Druck pro Flächeneinheit der Strasse.

Eine Walze von 5 Fuss Durchmesser ($1^{m},46$) und 4 Fuss Länge ($1^{m},17$) mit $1^1/_2$ Zoll Wandstärke ($3^{cent},6$) und inneren Verstärkungsrippen wiegt incl. des Zuggatters, der Deichsel etc. etwa 55 Centner (2750 Kil.), bei 2 Zoll ($4^{cent},6$) Wandstärke 70 Centner (3500 Kil.), bei grösserer Wandstärke und Anwendung von Scheiben zum Verschluss der Stirnflächen etwa 85 Centner (4250 Kil.). Die Belastung einer solchen Walze mit Wasser etwa 25 Centner (1250^{k}), und mit festen Materialien, je nach deren Beschaffenheit, 35 bis 65 Centner (1750^{k} bis 3250^{k}).

In Hannover [3]) hat sich am meisten eine Walze bewährt aus einem 3 Zoll ($7^{cent},3$) dicken Cylinder-Mantel von Gusseisen, von 3 Fuss 8 Zoll Länge ($1^{m},07$) und $6^1/_2$ Fuss Höhe ($1^{m},9$), mit gegossenen Speichen an beiden Stirnen zum Anbringen der Drehachse, mit einem geeigneten Gestell zum Anspannen von 6 bis 10 Pferden. Die Pferde können umgespannt werden. — Durch künstliche Beschwerung kann allmählig das Totalgewicht auf 140 bis 150 Centner (7000^{k} bis 7500^{k}) durch Anbringung von Belastungsquadern, welche symmetrisch und radial anzuordnen, gebracht werden.

---

[1]) Bokelberg, über das Festwalzen des frisch aufgebrachten Steinschlags bei Herstellung und Reparatur von Chausseen. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins, Band IV. 1858. pag. 138.

[2]) Annales des ponts et chauss. 1837. II. Sem. pag. 384.

[3]) Bokelberg, Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins, Bd. IV. 1858. pag. 137.

Mit Walzen dieser Bauart ist jeder Streifen einer 3 bis 5 Zoll starken Steinschlagdecke 25 bis 100mal (je nach Materialbeschaffenheit, Dicke der Schüttung und anderen Umständen) zu walzen, bevor die Bahn dicht und eben genug.

Die neueren hannoverschen Walzen können mit Wasser und mit Steinen beschwert werden, wiegen leer 116 Centner und voll belastet 204 Centner; Kosten 470 ₰ [1]).

In Sachsen wendet man Chausseewalzen an, wo um die Walze ein ringförmiges Gestell mit einer Nuthe angebracht ist, so dass die Pferde, ohne ausgespannt werden zu brauchen, herumgehen und die Deichsel um die Walze drehen. Indessen ist zu diesem Wenden nicht immer Platz und es ist erforderlich, dass die Pferde eine Pause zwischen den Zügen machen und etwas ausruhen. Dies geschieht genügend während des Umspannens bei der gewöhnlichen Walze.

Dampfwalzen, welche neuerdings vorzugsweise in Städten (Paris, London) gebraucht werden, finden sich in Rühlmann's allgemeiner Maschinenlehre. 1868. Band III. beschrieben, woselbst auch ausführliche Literatur über Strassenwalzen.

Für das Walzungsverfahren selbst gelten in Hannover folgende Vorschriften:

(§. 148.) Steinschlag und Grandbahnen sind, bevor sie dem Verkehr übergeben werden, mit der Walze zu dichten, wenn nicht sehr erhebliche Hindernisse entgegenstehen. (Starke Steigungen, oder wenn die Walzen von weit her zu schaffen etc.)

(§. 149.) Walzung des Unterbaues. Hierbei die Walze nicht belastet, kein Bindematerial verwandt, und die Walzung nicht bis zur Glättung der Oberfläche fortgesetzt; auch werden die Borde nicht von der Walze berührt. Im Uebrigen finden die folgenden Vorschriften über Walzung des Oberbaues, auch auf Walzung des Unterbaues Anwendung.

(§. 150.) Walzung des Oberbaues. Ist der Untergrund der Steinbahn so weich, dass eine Verdrückung des Steinbahnkörpers durch die Walze sich befürchten lässt, so ist das Walzverfahren bis zu ausreichender Austrocknung auszusetzen.

(§. 151.) Länge der im Zusammenhange zu bearbeitenden Strecke soll thunlichst mindestens 80 und höchstens 150° (374^{m} bis 700^{m}) sein. (Um das zeitraubende Umspannen zu vermeiden.)

(§. 152.) Auf ein und derselben Strecke sind möglichst mehrere, in der Regel auf einander folgende Walzen zu verwenden (so folgend, dass sie beim Umspannen sich nicht hinderlich sind).

---

[1]) Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. 1862. Band VIII. p. 340 A.

(§. 153.) Die Stärke der Bespannung ist so zu bestimmen, dass weder durch Verwendung einer zu grossen Pferdezahl unnöthige Kosten verursacht, noch die Pferde durch übermässige Anstrengung zur Verschiebung des zu walzenden Materials gezwungen werden. Die Bespannung kann gegen den Schluss des Walzverfahrens geringer sein, als beim Beginn desselben.

(§. 154.) Die Geschwindigkeit der Walze soll so sein, wie es der richtige natürliche Schritt der Zugthiere zulässt (denn die Wirkung der Walze wächst mit der abnehmenden Geschwindigkeit des Zuges).

(§. 155.) Belastung der Walze: beim Beginn des Walzverfahrens keine; ist einige Consolidation eingetreten, so ist Anfangs schwächer, allmählig stärker und schliesslich vollständig zu belasten.

(§. 156.) Die Züge der Walze beginnen an der Seite der Steinbahn, unter anfänglicher Schonung der Bordsteine. Der erste Zug der Walze geht auf der ganzen Länge der zu bewalzenden Strecke an der einen Seite hin, an der anderen zurück; jeder folgende Zug verfolgt dieselbe Richtung, wie der erste, und deckt theils einen im letzten Zuge überwalzten, theils einen der Mitte näher liegenden Streifen der Bahn, bis die Walze die Mitte überfährt. Dann wird die Walzung wieder an den Seiten begonnen und in derselben Weise fortgesetzt. Von diesem Verfahren kann aus Rücksichten auf Herstellung des normalen Querprofils und auf Gleichmässigkeit der Dichtung abgewichen werden.

(§. 157.) Fehlt es zur Dichtung der Steinbahn an natürlicher Nässe, so ist Wasser nach Bedarf zuzuführen; dabei ist jedoch die nachtheilige Erweichung des Untergrundes zu vermeiden.

(§. 158.) Wenn das Gestein, der Härte oder abgerundeten Form wegen, die zur Füllung der Zwischenräume erforderlichen Splitter unter der Walze nicht abgiebt, oder für sich nicht in Bindung tritt, so ist, sobald die unteren Lagen einigermassen befestigt sind, steiniges Füllmaterial allmählig und in geringen Mengen einzustreuen; es ist damit bis zur Füllung der oberen Schichten fortzufahren. (Das Füllmaterial fällt nämlich zuerst durch die oberen Schichten und füllt die Zwischenräume der unteren.)

(§. 159.) Ist das Walzverfahren so weit vorgeschritten, dass die obere Steinlage sich nicht mehr vor der Walze verschiebt, so sind die Lücken in der Oberfläche der Bahn vollständig mit Steinschlag auszufüllen.

(§. 160.) Ist die Decklage vollständig gelagert, so wird zunächst das reservirte Steingrus und dann sonstiges Bindematerial gleichmässig auf der Bahn vertheilt, eingefegt, und die Walzung bis zur vollständigen Dichtung der Bahn fortgesetzt.

(§. 161.) Ist durch das im vorstehenden Paragraphen beschriebene Verfahren eine schützende Decke der Bahn nicht erreicht, und ist ein geeignetes Material (scharfer Kies oder Grand) mit verhältnissmässigem Aufwande zu erlan-

gen, so wird der Bahn damit eine Decke von 1/4 Zoll (6mill.) Stärke gegeben und diese mit der Walze überfahren.

(§. 162.) Nach Eröffnung der Steinbahn für den Verkehr sind die durch herausgetriebene Steine entstandenen Lücken sofort mit Steinschlag auszufüllen und festzustampfen. Dessgleichen sind aufgetriebene Stellen und Ränder niederzustampfen.

(§. 163.) Vollständige Glättung der Bahn ist durch Auslegen von Sperrzeichen zu bewirken.

Walzen des Pflasters. In neuerer Zeit hat man auch das Pflaster gewalzt und dadurch bessere Erfolge als durch Abrammen desselben erzielt. Im Osnabrückschen wurden vom Wegbaumeister Söhlke[1]) 1925 laufende Ruthen (8994m) 10 bis 12 Fuss (2m,9 bis 3m,48) breites Pflaster durch Walzen wieder hergestellt. Zwei Walzen, eine ohne Belastung 130 Centner (6500k), die andere mit Belastung 108 Centner (5400k), jede von 6 Pferden gezogen. Das Pflaster auf Sanduntergrund zuerst, auf feuchtem Lehmboden zuletzt vorgenommen. Jede Seite des Pflasters (in der Weise, wie bei Steinschlagbahnen angegeben) 6 mal, die Mitte 4 mal mit jeder Walze überfahren, nachdem zuvor das Bedeckungsmaterial abgezogen war; kurz vorher mit 100 Pfund (50k) schweren viermännigen Rammen nachgerammte Pflasterstrecken wurden durch die Walze noch um 1 Zoll (24mill.,3) comprimirt.

Kosten für 1925 lfde. Ruthen. Für Bespannung der Walzen auf 103 Arbeitsstunden mit 12 Pferden oder 1236 Pferdestunden à 3,325 gr = 137 ₰ 10 gr, Begleitung der Walzen 16 Tagelöhne à 10 gr = 5 ₰ 10 gr, Schmiere und sonstige Nebenausgaben 2 ₰ 10 gr, zusammen 145 ₰, also 2,26 gr pro lfde. Ruthe, etwa 4,5 ₰ pro Meter; das bisher übliche Nachrammen mit 100 Pfund schweren Rammen erfordert für 4 Mann à 10 gr und 16 Ruthen täglicher Leistung pro laufende Ruthe 2 1/2 gr.

Vorschriften für Walzung des Pflasters[2]).

(§. 410.) Kleinere Unebenheiten der Bahn und vereinzelte Hebungen in den Steinen sind mit der Ramme, Unebenheiten von grösserer Ausdehnung mit der Walze zu beseitigen.

---

[1]) Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins. Band V. Heft 1. 1859. Söhlke, über Walzung der Steinpflaster.

[2]) Erfahrung über Pflasterwalzungen.

Ergebniss der im Frühjahre 1863 geschehenen Walzung von 54 Ruthen 12 Fuss breitem Kieselpflaster (Rippenpflaster) auf der 12. Meile der Osnabrück-Nordhorner Chaussee.

Dieses Pflaster war an beiden Seiten seiner Achse an den Stellen, wohin gewöhnlich das Wagengleis trifft, nach der in Abständen von 3 zu 3 Ruthen vorgenomme-

(§. 411.) Die Walze ist sofort nach Frostaufgang, und zwar zunächst auf solchen Abtheilungen anzuwenden, in denen sich nach Lage und Beschaffenheit der Untergrund am frühesten wieder befestigt.

(§. 412.) Von den mit der Ramme oder Walze zu bearbeitenden Strecken ist zuvor die Decke abzuziehen und rein abzufegen.

---

nen Querprofil-Messung $1\frac{1}{2}$, $1\frac{3}{4}$ und 2 Zoll tief ausgemuldet. Die Strasse bildet einen etwa $1\frac{1}{2}$ Fuss hohen aus leichtem Sandboden bestehenden Damm. Am Tage vor der in einer trockenen Jahreszeit geschehenen Walzung wurde die Steinbahn möglichst rein gefegt. Das Gewicht der Walze betrug einschliesslich ihrer Wasserfüllung und der Belastung der Beschwerkasten mit Steinen etwa 180 Centner. Die Strecke wurde an jedem Borde und in der Mitte 8mal, mithin im Ganzen 24mal (auf der einen Hälfte in der Mitte noch 4mal) übergewalzt, worauf das Pflaster seine regelmässige 3zöllige Wölbung nahezu wieder erreicht hatte. Da die Steinbahn sehr trocken war, so löste sich an den Fugenrissen, welche schon nach einigen Walzenzügen sich zeigten, das an den Pflastersteinen noch haftende Deckmaterial, welches durch Abfegen sich nicht ganz hatte entfernen lassen. Dasselbe wurde zwischen den Walzenzügen beseitigt, so dass das Pflaster am Schlusse der Walzung fast rein war und wie neu gefegt aussah.

Die Kosten haben betragen pro laufende Ruthe: für Reinigen der Bahn, Begleiten der Walze und Wiederbedecken des Pflasters .... 1 gr 4 ₰

für die Bespannung der Walze, 6 Pferde $\frac{3}{4}$ Tag zu walzen, à $22\frac{1}{2}$ gr $= \frac{135}{54}$ .... 2 „ 5 „

6 Pferde $\frac{1}{4}$ Tag für den Hin- und Rücktransport der Walze à $7\frac{1}{2}$ gr $= \frac{45}{54}$ .... — „ $8\frac{1}{2}$ ₰

zusammen.. 4 gr $7\frac{1}{2}$ ₰.

In Erwägung, dass dieses Pflaster wegen seiner grossen Unebenheit im nächsten Jahre hätte umgelegt werden müssen, dürfen diese Kosten mit denjenigen, welche die Umlegung erfordert haben würde, fast in Vergleich gestellt werden. Da letztere pro laufende Ruthe auf mindestens 1 ₰ 5 gr zu veranschlagen sind, so ergiebt sich hieraus, dass unter gewissen Umständen das Kieselpflaster durch Walzung ungleich billiger in Stand zu setzen ist, als durch Umlegung.

Zur Erzielung eines günstigen und nachhaltigen Erfolgs ist

1) die Steinbahn möglichst zu reinigen, da die Walze unter übrigens gleichen Umständen um so kräftiger wirkt, je unmittelbarer sie angreift;

2) nur schwere Walzen (mindestens 150 Centner schwer) sind anzuwenden, und die Walze ist thunlichst langsam zu bewegen;

3) bei grösseren Unebenheiten in der Bahn sind die sehr vertieften Stellen vor der Walzung umzulegen, oder, falls solches nicht thunlich, mit Sand zu bedecken, dagegen die hervorstehenden Theile recht scharf blosszulegen;

4) ist die Walzung in nasser Jahreszeit — am besten beim Frostaufgange — vorzunehmen;

5) die Walzung ist so lange fortzusetzen, bis die Steine nicht mehr merklich nachgeben;

6) ist, wenn das normale oder doch nahezu normale Querprofil der Pflasterbahn wieder hergestellt, solche tüchtig mit Sand einzuspülen und zu überdecken.

(§. 413.) Auf derselben Strecke sind, wo möglich, zwei auf einander folgende Walzen zu verwenden. Die Walzen sollen hinreichende Schwere haben, mindestens 100, thunlichst nicht unter 140 Centner (5000^{k} resp. 7000^{k}).

(§. 414.) Die Walze ist in der für Wiederherstellung des Querprofils oder einer ebenen Oberfläche wirksamsten Weise zu führen, unter sorgfältiger Berücksichtigung der jeweiligen Verhältnisse.

(§. 415.) Sind einzelne kleine Stellen im Pflaster zu stark gehoben, gesenkt oder gänzlich zerstört, so sind diese vor der Walzung umzupflastern.

Anhang.

I.

Notiz über die zulässigen Kosten des Deckenmaterials von verschiedener Festigkeit.

Seien A die Anlagekosten für Ankauf, Anfuhr, Kleinschlagen und Verbauen des Deckenmaterials pro Einheit;

n die Anzahl Jahre, welche die Decke bis zur Neulegung hält;

B sei der Werth des dann noch verbliebenen alten Materials pro Einheit:

h sei die Festigkeit (Widerstandsfähigkeit) des Steines zur Decke, in irgend einer Einheit ausgedrückt;

F seien die jährlich erforderlichen laufenden Flickkosten, also die (mit der Härte des Materials zusammenhängenden) Reparaturkosten wegen des Verkehrs, während die Einflüsse der Witterung in der folgenden Rechnung nicht berücksichtigt werden können.

Vorausgesetzt werde, dass sich die Flächen der Würfel, zu welchen die Steine zerschlagen werden, wie umgekehrt die zulässigen Festigkeits-Coefficienten verhalten und dass von beiden Materialien, welche verglichen werden sollen, jedes zu einer gleichen Widerständen entsprechenden Grösse, wobei es mit der Walze noch gut gedichtet werden könne, sich zerschlagen lasse.

Ferner werde vorausgesetzt, dass die Dauer der Decken sich wie die x^{te} Potenz der Festigkeit pro □ Zoll des Materials (zum Steinschlag) verhalte.

Zur Ermittelung des Werthes von x darf man folgende Betrachtung anstellen: Vorausgesetzt, dass die Zerstörung des Materials zumeist durch Zer-

drückung geschehe, so müssen sich, um gleichen Widerstand zu leisten, die Flächen S^2 und S_1^2 der Würfel wie umgekehrt die zugehörigen Festigkeiten h und h_1 verhalten, also

$$h : h_1 = S_1^2 : S^2,$$

oder

$$\sqrt{h} : \sqrt{h_1} = S_1 : S.$$

Diese Annahme setzt voraus, dass die zur Berührung gelangende Fläche des Rades auch wenigstens so gross wie S_1 (weicheres Material) sei. Dies ist indessen bei schmalen Felgen um so weniger der Fall, je grösser das Korn des Steinschlags wegen des weicheren Materials ist [1]); z. B. ein Rad mit 3 Zoll breiten Felgen ist bis auf 1 Zoll Breite der Berührung abgenutzt und berührt bei 5 Fuss Durchmesser auf 1 Zoll Länge des Umfangs die Bahn, also mit 1 □Zoll. Mithin wird hartes Material (1 und 2 der Tabelle) von 1¼ Zoll Seite fast ganz berührt, weicheres von 2 Zoll Seite aber nur auf ¼ seiner Fläche, kann also nicht im Verhältniss der Fläche widerstehen. Die obige Annahme wird erst richtig bei 6 Zoll breiten Felgen, wo man 4 □Zoll Berührungsfläche voraussetzen darf. Da nun auch schweres Fuhrwerk mit z. B. 4 Zoll Felgenbreite häufig vorkommt, so ist die obige Annahme für sehr weiches Material *zu günstig*.

Die zerdrückten Material-Quantitäten oder die Volumina der Steine, welche durch dieselbe Last in derselben Zeit zerdrückt werden, verhalten sich aber wie die dritten Potenzen der Seiten:

$$V : V_1 = S^3 : S_1^3,$$

oder

$$V : V_1 = h_1^{\frac{3}{2}} : h^{\frac{3}{2}}.$$

Berücksichtigt man, dass viele Steine von unregelmässiger und kleinerer Form als die vorgeschriebene ausfallen, welche also (da 10fache Sicherheit gegen Zerdrücken angenommen) unter gleichen Umständen bei weichem Material eher als bei hartem sich an der Grenze, wo sie zerdrückt werden, befinden, dass ferner das weiche Material der Witterung weniger widersteht, mehr Feuchtigkeit anziehenden Koth bildet u. s. w., so kann man für obige Proportion bei Materialien von sehr verschiedener Härte mit der Erfahrung stimmend setzen:

$$V : V_1 = h_1^2 : h^2,$$

d. h. die in gleichen Zeiten zerdrückten Volumina verhalten sich umgekehrt, wie die Quadrate der Festigkeiten der Materialien, oder auch nach der obigen Bezeichnung ist $x = 2$.

Die Erfahrung und Beobachtung bestätigt diese von *Launhardt* zuerst theoretisch begründeten Annahmen, so weit sich bis jetzt beurtheilen lässt, in sofern, als man nach *Bokelberg*, dem man die gründlichsten Forschungen über diesen Gegenstand verdankt, das Folgende annehmen darf [2]):

---

[1]) Vergl. pag. 292.

[2]) *Bokelberg*, Vortrag über den Nutzungswerth der Wegbaumaterialien von verschiedener Beschaffenheit. Zeitschrift des Arch.- und Ingen.-Vereins für das Königreich Hannover. Band VII. Heft 4. 1861. pag. 357.

1) Die quantitative Abnutzung des Materials in der Oberfläche der von schweren Fuhrwerken stark benutzten Steinschlagbahnen steht im umgekehrten Verhältnisse der $1^{1}/_{2}$fachen Potenz der rückwirkenden Festigkeit derselben, wenn letztere nicht über das doppelte Maass von einander abweicht.

2) Für Materialien von mehr als 16000 Pfund Festigkeit (pro Quadratzoll der Grundfläche geschliffener Würfel) ist statt der $^{3}/_{2}$ Potenz nur die $^{5}/_{4}$ Potenz der Festigkeitszahl in der vorgedachten Beziehung zu Grunde zu legen.

3) Kommt dagegen das Abnutzungsmaass solcher Gesteine zur Vergleichung, deren Festigkeit sehr weit und zwar mindestens um das Doppelte von einander abweicht, und von welchen das festere Gestein ohnehin von grösserer Dauerhaftigkeit gegen chemische Zersetzungen ist, als das minder feste, so darf ein zwischen der anderthalbfachen und der zweiten Potenz der rückwirkenden Festigkeit liegendes Verhältniss angenommen werden.

4) Ist der Unterschied in der Festigkeit mindestens dreifach, so steht die Haltbarkeit des Gesteins nahezu im Verhältniss mit der zweiten Potenz der rückwirkenden Festigkeiten.

Die Erfahrung sub 4 ist aus dem Obengesagten über die Vertheilung des Druckes der Räder und daraus erklärlich, dass viele Steine von unregelmässiger und kleinerer Form, als die vorgeschriebene, ausfallen, welche also (da 10fache Sicherheit gegen Zerdrücken angenommen zu werden pflegt) unter gleichen Umständen bei weichem Gestein eher an der Grenze, wo sie zerdrückt werden, sich befinden, als bei hartem Material, und dass im Allgemeinen das weiche Material weniger der Witterung widersteht, mehr die Feuchtigkeit anziehenden Koth bildet u. s. w., während sub 2 sich erklärt, dass, wenn die Abnutzung zu einem gewissen Theil durch Abreibung erfolgt, sie sich bei Würfeln von ungleicher Festigkeit wie die für gleichen Widerstand erforderlichen Flächen, also umgekehrt wie die einfachen Potenzen der Festigkeiten verhalten würde etc.

Hiernach ersetzte also z. B. unter übrigens gleichen Umständen ein Cubikfuss Basalt von 20000 Pfund Festigkeit pro Quadratzoll (des geschliffenen Würfels) etwa

1,16	Cubikfuss	Basalt	von	18000 ℔	Festigkeit,
1,31	„	„	„	16000 „	„
1,70	„	„	„	14000 „	„
2,15	„	kieselige Grauwacke	von	12000 ℔	Festigkeit,
3,00	„	kiesel. Korallenkalks	„	10000 „	„
3,60	„	„ „	„	9000 „	„
5,00	„	Muschelkalk.........	„	8000 „	„
7–8	„	Sandstein..........	„	7000 „	„
9–11	„	Kreidekalk.........	„	6000 „	„

Indessen ist zu berücksichtigen, dass sich diese Verhältnisszahlen auf das Material im verbauten und festgewalzten Zustande beziehen, wesshalb man, um

den Preis z. B. am Gewinnungsorte zu beurtheilen, für jedes Material die Kosten der Anfuhr, des Kleinschlagens, Verbauens etc., von den nach diesen Verhältnisszahlen zulässigen Preisen absetzen muss.

Ferner ist die mittlere Festigkeit ein und desselben Materials in Rechnung zu ziehen, dessen Werth für die Anwendung durch eine gleichmässige Festigkeit indirect erhöht wird.

Der Einfachheit halber möge im Folgenden die zweite Potenz zu Grunde gelegt werden, und dieselben Bezeichnungen wie im Eingange, mit einem Index versehen, mögen für ein anderes Material gelten.

Bei Verwendung eines gleichen Quantums von Materialien in beiden Fällen muss sich daher die Dauer der Decken verhalten wie die Quadrate der Festigkeiten, oder

$$n : n_1 = h^2 : h_1^2$$ [1])

und hieraus

$$1)\quad n_1 = \frac{h_1^2 n}{h^2}.$$

Die Material-Quantitäten, welche zu den vom Verschleiss herrührenden jährlichen Reparaturen erforderlich sind, werden sich wie umgekehrt die Dauer des Materials, oder was dasselbe, wie umgekehrt die Quadrate der Festigkeiten verhalten; also, nennt man diese Q und Q_1,

$$2)\quad Q : Q_1 = h_1^2 : h^2.$$

Sind aber A und A_1 die Eingangs erwähnten Kosten pro Einheit des Materials, so verhalten sich auch die Flickkosten F in Geldwerth:

$$F : F_1 = A\,Q : A_1\,Q_1,$$

oder auch nach 2.:

$$3)\quad F : F_1 = A\,h_1^2 : A_1\,h^2,$$

daraus

$$4)\quad F_1 = \frac{F\,A_1\,h^2}{A\,h_1^2}.$$

Um ganz allgemein zu rechnen, werden zuerst die Zinsen des Anlagecapitals berücksichtigt, welche zu berücksichtigen nicht erforderlich ist, wenn z. B. der Staat jährliche Beiträge zur Unterhaltung liefert, welche selbst als Zinsen eines Capitals (Steuern etc.) betrachtet werden müssen. Ist nun z der Zinsfuss, z. B. 4 Proc., also $= 4/_{100} = 0{,}04$, so sind, wenn man noch der Einfachheit halber die jährlich erforderlichen Rücklagen, um nach n resp. n_1

[1]) Denn es verhalten sich die Dauerzeiten eines gleichen Quantums wie umgekehrt die Abnutzungen in der Zeiteinheit, oder

$$n : n_1 = \frac{1}{V} : \frac{1}{V_1} = \frac{1}{h_1^2} : \frac{1}{h^2},$$

oder

$$n : n_1 = \frac{1}{h_1^2} : \frac{1}{h^2},$$

also

$$n : n_1 = h^2 : h_1^2.$$

Jahren eine neue Decke (nach Abzug des Werthes der alten) ankaufen zu können, nicht mit verzinst, die jährlichen Unterhaltungskosten wegen der Verzinsung des Capitals $= A z$; wegen der jährlichen Flickereien $= F$; wegen des jährlichen Verlustes durch Abnutzung durchschnittlich $= \frac{A - B}{n}$; mithin die gesammten Kosten durchschnittlich pro Jahr:

$$A z + F + \frac{A - B}{n}.$$

Setzt man durchschnittlich und beispielsweise $B = \frac{1}{10} A$, so werden die jährlichen Kosten

$$5)\ A z + F + \frac{9 A}{10 n}.$$

Für die andere Decke hat man eben so

$$6)\ A_1 z + F_1 + \frac{9 A_1}{10 n_1}$$

und aus 4 den Werth

$$F_1 = \frac{F A_1 h^2}{A h_1^2}$$

substituirt, so wird, wenn 1 noch berücksichtigt, 6 zu

$$A_1 z + \frac{F A_1 h^2}{A h_1^2} + \frac{9 A_1}{\frac{10 h_1^2 n}{h^2}} = A_1 z + \frac{F A_1 h^2}{A h_1^2} + \frac{9 A_1 h^2}{10 h_1^2 n}.$$

Setzt man nun diese jährlichen Kosten gleich und löst für A_1 auf, so kann man ermitteln, wie viel das Material von der Festigkeit h_1 verbaut kosten darf, wenn das von der Härte h die Kosten A verursacht; man hat nämlich

$$A_1 \left(z + \frac{F h^2}{A h_1^2} + \frac{9 h^2}{10 h_1^2 n} \right) = A z + F + \frac{9 A}{10 n}$$

oder

$$\text{I. } A_1 = \frac{A z + F + \frac{9 A}{10 n}}{z + \frac{F h^2}{A h_1^2} + \frac{9 h^2}{10 h_1^2 n}}.$$

Beispielsweise werde für eine 20 Fuss breite Steinbahndecke pro laufende Ruthe $\frac{1}{6}$ Faden Basalt verbraucht, welcher fertig eingebracht und gedichtet à Faden 120 ₰ kostet, also für die Decke pro laufende Ruthe $A = 20$ ₰. Die jährlichen Flickkosten mögen 1 ₰ $= F$ pro laufende Ruthe betragen und n sei $= 12$ Jahre. Endlich sei der Zinsfuss 4 Proc., also $z = 0{,}04$. Es verhalte sich die Festigkeit dieses Materials zu der des in Vergleich kommenden wie 2 : 1, also

$$h : h_1 = 2 : 1;$$

dann darf nach Formel I. dies weichere Material pro laufende Ruthe kosten:

$$A_1 = \frac{20 \,.\, 0{,}04 + 1 + \frac{9 \,.\, 20}{120}}{0{,}04 + \frac{4}{20} + \frac{36}{120}} = \frac{0{,}8 + 1 + 1{,}5}{0{,}04 + 0{,}2 + 0{,}3} = \frac{3{,}30}{0{,}54} = 6{,}11 \text{ ₰},$$

also der Faden fertig eingebracht und gedichtet 36,66 ₰.

Wird die Frequenz sehr gross, so kann man entweder voraussetzen, dass bei gleichbleibenden Flickkosten die Dauer n sich verkürze, oder auch, dass sie dieselbe sein solle, dagegen F sich vergrössere. Erhöhen sich die jährlichen Flickkosten so weit, dass man ganz damit die Decke erhält, so geht man also von dem zuerst vorausgesetzten Deckenbetriebe zum Flicksystem über.

Wird im vorigen Beispiel wegen sehr starker Frequenz z. B. n = 3, so erhält man aus I.:

$$A_1 = \frac{20 \cdot 0{,}04 + 1 + \frac{9 \cdot 20}{30}}{0{,}04 + \frac{4}{20} + \frac{9 \cdot 4}{30}} = \frac{7{,}80}{1{,}44} = 5{,}41 \text{ ℳ},$$

woraus also folgt: dass, je stärker die Frequenz, um so weniger hoch man vergleichsweise das weichere Material bezahlen darf.

Setzt man Flicksystem voraus, so fällt aus I. das Glied, welches die Wiedergewinnung des Capitals vorstellt, heraus, und ist z. B. dann F für das Material von der Härte h jährlich = 8 ℳ, so hat man

$$\text{II. } A_1 = \frac{A z + F}{z + \frac{F h^2}{A h_1^2}},$$

oder in Zahlen:

$$A_1 = \frac{20 \cdot 0{,}04 + 8}{0{,}04 + \frac{8 \cdot 4}{20}} = \frac{8{,}8}{1{,}64} = 5{,}36 \text{ ℳ}.$$

Wird die Verzinsung des Capitals, wie früher angegeben, nicht gerechnet, so wird aus I. nach gehöriger Reduction:

$$\text{III. } A_1 = \frac{A h_1^2}{h^2} \left(\frac{10 n F + 9 A}{10 n F + 9 A} \right) = \frac{A h_1^2}{h^2},$$

und das härtere Material kommt noch mehr in Vortheil, denn man kann es im Verhältniss der Quadrate der Festigkeiten höher bezahlen. Man erhält dann für das zuerst berechnete Zahlenbeispiel:

$$A_1 = 20 \cdot {}^1\!/_4 = 5 \text{ ℳ};$$

dasselbe erhält man natürlich für den Flickbetrieb, wenn man in II. die Verzinsung dadurch, dass man z = 0 setzt, ebenfalls vernachlässigt.

Gegen derartige Rechnungen lassen sich allerdings in der Anwendung manche praktische Einwände machen, und es sind noch mancherlei sonstige Ueberlegungen nöthig, da z. B. nicht bloss die Festigkeit, sondern eigentlich auch die Fähigkeit des Materials, der Witterung zu widerstehen, also seine chemische Beschaffenheit u. s. w., berücksichtigt werden müssen, so dass z. B. je weniger die Witterung und je mehr die Frequenz in Frage kommt, um so zutreffender die gefundenen Resultate sein würden. Doch dienen sie immerhin dazu, richtige Gesichtspunkte bei der Beurtheilung des öko-

nomischen Werthes zu vergleichender Materialien zu geben. Dass diese Resultate indessen nicht allein den Ausschlag zur Wahl des Materials für eine bestimmte Strasse geben können, ist selbstredend; z. B. Basalt wickelt im Winter an feuchten Stellen, quarziges Material nicht, dagegen giebt er eine mildere Bahn, als letzteres; man könnte ihn daher auf trocken gelegenen Höhen anwenden und in der eingeschlossenen Ebene ein quarziges Material von gleicher Festigkeit vorziehen u. s. w. Derartige Erwägungen müssen der Umsicht des Technikers überlassen bleiben und können in Formeln nicht so weit gewürdigt werden, dass die Entscheidung über diese Fragen nur ein mathematisches Problem würde.

(Sämmtliche Maasse sind hannoversche, 1 ₰ = 30 gr = 300 ₰.)

II.

Kosten-Anschlag*)

über

die Anlage der Chaussee von N . . . nach N . . .

und zwar in der Abtheilung von . . . bis . . . (unter Hinweisung auf die betreffende Chaussee-Grundriss-Charte) innerhalb der Feldmark(en) von N . . .

Anmerkungen. 1) Wenn die Chausseelinie in ihrer ganzen Ausdehnung bereits definitiv feststeht, so ist eine Zerlegung in mehrere passend erscheinende Abtheilungen behuf der Veranschlagung nur dann erforderlich, wenn solches für die Ausführung und bessere Uebersichtlichkeit, oder aus anderen vorwiegenden Gründen vortheilhaft und wünschenswerth erscheint.

Bei erst theilweise feststehender Chaussee-Richtung wird die Special-Veranschlagung nur diesen Theil, so weit er im Zusammenhange liegt, begreifen.

Eintretenden Falles werden die Abschnitte für die Anschlags-Abtheilungen angemessen auf Feldmarksgrenzen zu legen sein.

2) Bei Verlegung oder Umbau einer Chaussee wird die Ueberschrift lauten:

Kosten-Anschlag

behuf Verlegung (Umbaues) auf der NN.-Chaussee bei . . . . am . . . . in . . . .
(mit Bezeichnung des Ortschafts- und Obrigkeitsbezirks).

Vorbericht. 1) Die Länge dieser Chausseelinie (Abtheilung) beträgt (mit Ausschluss der am Anfange, Ende oder sonst wo liegenden . . . Ruthen langen Strecke in der Stadt N.) von . . . bis . . .

= . . . Ruthen.

Sie enthält:

a. chausseemässig regulirte Dämme mit Steinbahn von . . . bis . . . Ruthen
b. dergleichen ohne Steinbahn von . . . bis . . . „
c. noch nicht im Plano hergestellte Strecken von . . . bis . . . „

= . . . Ruthen,
oder . . . Meilen . . . Ruthen.

Anmerkung. Bei Verlegung resp. Umbau einer Chausseestrecke ist statt dessen sub 1) zu sagen:

Die Länge dieser Verlegungs-(Umbau-)Strecke beträgt . . . Ruthen, sie beginnt bei . . . und endet bei . . . Gegen die zu verlassende . . . Ruthen

*) Nach den Vorschriften im ehemaligen Königreiche Hannover, welche immer noch als Muster gelten können.

lange Strecke wird die Chaussee also durch diese Verlegung um . . . Ruthen verlängert (abgekürzt).

2) **Technische Beschreibung** der beabsichtigten Chaussee-Anlage (Verlegung, Umbau).

a. Das Planum. Hier sind zunächst die Verhältnisse des Terrains in den etwa verschiedenartigen Längenabschnitten in der Hauptsache, soweit sie auf die Chaussee-Anlage und die Kosten einwirken, zu beschreiben und darauf gestützt sowohl das Steigungs- und Neigungsverhältniss der auf einander folgenden Strecken mit Angabe ihrer Länge, als auch die Construction des Chausseekörpers, die Kronenbreite und ihre Eintheilung in Steinbahn, Sommerweg und Banketts, die Breite, Tiefe und Böschungen der Gräben, die Böschungsverhältnisse im Auf- und Abtrage u. s. w. im Wesentlichen vollständig anzugeben, unter Hinweisung auf die berichtlich vorgelegten Pläne und Profile oder etwa besonders hier anzufügenden betreffenden Zeichnungen.

b. Die Steinbahn. Sie wird bestehen aus:

. . . . laufenden Ruthen Steinschlagbahn von . . . Fuss Breite incl Bordsteine (mit Bezeichnung der Materialart, resp. im Grund- und Oberbau) in folgenden Strecken:

von . . . bis . . . . . . lfde. Ruthen
von . . . bis . . . . . . „ „
= . . . lfde. Ruthen.

. . . . laufende Ruthen Steinpflaster von . . . Fuss Breite (mit Bezeichnung der Materialart) in folgenden Strecken:

von . . . bis . . . . . . lfde. Ruthen
von . . . bis . . . . . . „ „
= . . . lfde. Ruthen. = . . . lfde. Ruthen.

Ueber die Breite und Form des sog. Erdkastens, ob und wie bombirt, über die etwa anzuwendende Bettung, Stärke, Wölbung, Einfassung und Befestigung des Steinbahnkörpers, und über das sonst bei Herstellung der bezüglichen Steinbahnarten zu beobachtende Verfahren, sind hier die geeigneten Mittheilungen zu machen, soweit dadurch die Kostenveranschlagung motivirt wird, und sie nicht Gegenstand der Anschlagsposition selbst sein müssen, oder doch schon verständlich sind.

Imgleichen sind auch die Brüche oder Fundorte, aus denen die Materialien für die Steinbahn zu beziehen (bei Klinkerbahnen die Ziegeleien) zu bemerken, mit Angabe sowohl der mittleren Entfernung von den resp. Baustrecken und der Wegebeschaffenheit, als auch, ob die etwaigen Steinbrüche der Chausseeverwaltung oder wem sonst angehören, im ersteren Falle ob eigenthümlich oder nur zeitweilig, auf Contract oder sonstige Vereinbarung.

c. An Brücken, Canälen und Durchlässen sind erforderlich:

Es sind hier der Reihenfolge nach, in der der Bezeichnung der Strasse entsprechenden Richtung fortschreitend, die betreffenden Objecte und ihre Ortsbelegenheit (mit Bezug auf den Chaussee-Grundrissplan) aufzuführen, mit Angabe ihrer Länge, Durchflussweite und Höhe, etwaigen schiefen Lage gegen die Strassenachse, der Construction und Materialien in summarischer Andeutung und sonstiger hauptsächlicher Punkte. (Die ausführlicheren Einzelheiten werden bei der Veranschlagung selbst näher anzugeben sein). Die Inundations- und wasserbaulichen Verhältnisse und Rücksichten, worüber erforderlichen Falles vorschriftsmässig zunächst mit der betreffenden Wasserbaubehörde zu communiciren, sind jedoch im Begleitberichte und durch die Pläne und Risse näher zu erläutern.

d. Seitencanäle, Grabenüberfahrten mit Durchlässen, gepflasterten Gossen, Seitenmulden, Abfahrten u. s. w.

e. Futter-, Stütz- und Ufermauern.

Von diesen sub d. und e. etwa erforderlichen Gegenständen wird nach planmässiger sorgfältiger Ermittelung eine thunlichst vollständige Nachweisung über Belegenheit und resp. Anzahl, Dimensionen, Construction (erforderlichen Falles durch Zeichnung erläutert) Längen- oder Flächenmaass etc. zu liefern sein.

f. Sicherheitsanlagen. Hierunter sind zu begreifen und näher anzugeben: die etwa nöthigen ganz neuen Befriedigungen, Anschlagtafeln, Handweiser, Schlagbäume (ausser den Weggeld-Barrièren), Abweisesteine oder Pfähle, Radpreller, Grenzsteine oder Pfähle zur Sicherung der Chausseegrenzen u. s. w.

g. Meilen- und Nummersteine. Was in Bezug auf den Anfangspunkt der Chaussee-Eintheilung, die Intervallen der Steine, die ihnen innerhalb der Kronenbreite anzuweisende Stelle, die Form u. s. w. bemerkenswerth erscheint, ist hier näher anzuführen.

h. Anpflanzungen. Ueber Stellung und Entfernung der Bäume von einander, über die anzuwendenden Sorten in den etwa verschiedenartig zu behandelnden Erstreckungen, über etwaige Busch- und Schutzpflanzungen sind die wissenswerthen Angaben, so weit sie nicht bei der Kostenveranschlagung selbst zur Sprache kommen, hier summarisch mitzutheilen.

Anmerkungen. 1) Die Begründung der im Anschlage angenommenen technischen Ausführung findet überall nicht im Vorberichte, sondern, unter Bezugnahme auf die betreffenden Anschlagsabtheilungen oder Positionen, im Begleitberichte oder besonderen Gutachten Statt.

2) Auf die in Folge der beabsichtigten Chaussee-Anlage etwa demnächst erforderliche Erbauung neuer oder Ankauf und Herstellung vorhandener Gebäude zur Chausseegeldhebung wird zwar schon im Begleitberichte dieses Anschlags oder in besonderer Berichterstattung hinzuweisen und das Nähere darüber im Allgemeinen mitzutheilen sein. Die specielle Ausarbeitung des Planes

und Kostenanschlages davon bleibt aber einstweilen ausgesetzt und ist einer späteren geeigneten Zeit, wenn der Chausseebau angemessen vorgeschritten, vorzubehalten.

Für den Text des Anschlages selbst gelten folgende Bemerkungen.

A. Planum und Erdarbeiten.

Anmerkungen. 1) Als Regel gilt, dass die Kostenermittelung für Bildung des Planums mit Gräben und Böschungen sich auf eine Berechnung des cubischen Inhalts der zu bewegenden Auf- und Abtragsmassen (nach Schachtruthen à 256 Cubikf.) stützt. Es ist zu dem Ende unter Zugrundelegung der Längen- und Querprofile des Chausseeprojects eine besondere Erdberechnungs-Tabelle aufzustellen und der Veranschlagung anzufügen. (Diese Tabelle dient bei der Ausführung zugleich zur Disposition der Erdvertheilung von und nach den bezüglichen Strecken.)

2) Nur in denjenigen Erstreckungen, wo behuf Herstellung des Planums weniger belangreiche Erdmassen zu bewältigen, dieselben vielmehr durch geringere Regulirungsarbeiten des vorhandenen Terrains zu erreichen, oder wo die Kosten nicht sowohl durch quantitative, sondern durch schwierige Localverhältnisse bedingt werden, ist die Planumsarbeit und Grabenziehung, unter Angabe der betreffenden Umstände, nach laufenden Ruthen zu veranschlagen.

3) Auch die Handarbeiten und Fuhrkosten, Kosten für Besodungen, unter Angabe von Maass, Zahl und Belegenheit, sowie für die Nachregulirung des Planums, so lange die Steinbahn nicht liegt, und für etwa erforderliche nochmalige Aptirung und Säuberung der Gräben und Böschungen bei Vollendung des Baues, sind unter dieser Rubrik zu berechnen.

4) Bei Umbauten oder erstmaliger chausseemässiger Instandsetzung übernommener Wegestrecken, sind die bezüglichen Arbeiten zur Herrichtung eines normalen Chausseeplanums nebst Gräben und Böschungen hier ebenfalls in entsprechender Weise, thunlichst nach Maass und Zahl, zu veranschlagen.

B. Gewinnung der Steinbahn-Materialien.

1) Zunächst ist hier der Material-Bedarf für die einzelne laufende Ruthe und danach für die ganze Länge der bezüglichen Steinbahnarten (cfr. Vorbericht sub 2 b.) nach Kasten à 16 Cubikfuss zu berechnen.

2) Dasjenige Material, welches (z. B. bei Verlegungen und Umbauten) aus Vorräthen oder aus der alten Bahn erfolgen wird, ist unter anzugebender Kastenzahl von dem Bedarfe abzurechnen.

3) Gewinnungskosten (nach Faden à 64 Kasten) sind in der Regel nur für die aus Steinbrüchen erfolgenden Materialien zu veranschlagen. (Wenn der Bruchzins in dem Brecherlohne mitbegriffen, so ist dies jedesmal besonders anzugeben.)

4) Wenn alte Steinbahnen auf verlassenen Wegestrecken nur behuf der Materialgewinnung daraus aufgebrochen werden, so gehören die Kosten dafür ebenfalls hierher.

5) Etwaige Kosten für Schürfen nach Steinen, Grand etc. und für Ebnung von Steinbrüchen und Graben sind hier mit zu berücksichtigen.

C. Material-Anlieferung.

Anmerkungen. 1) Die Anfuhr der aus Steinbrüchen erfolgenden Bruchsteine und die Anlieferung incl. des Sammelns oder Rodens der aus Haiden, Aeckern oder sonstigen Fundorten erfolgenden Materialien ist unter Angabe der ungefähren Entfernung bis zu den betreffenden Baustrecken (oder einstweiligen Lagerplätzen) nach Faden, oder auch, wo es angemessener erscheint, nach Kasten übrigens gehörig separirt und übersichtlich zu veranschlagen.

2) Bei Klinkern sind die Ankaufs- von den Anfuhrkosten getrennt nach Stückzahl (etwa pro mille) zu veranschlagen.

3) Auch die Kosten für Grand- und Sandlieferung und sonstige Fuhren behuf der Steinbahnanlage und deren Unterbettung, unter Nachweisung des Bedarfs, gehören hierher.

4) Auf etwaige Pflaster-, Wege- und Brückengelder für Material-Lieferungen ist hier ebenfalls Rücksicht zu nehmen.

5) Desgleichen auf etwa erforderliche An- und Umrückung von Materialien an den Baustrecken oder von bestimmten Lagerplätzen, sie mag durch Spannwerk oder durch Arbeiter geschehen.

6) Die Aufmessungskosten der Materialien sind als zur Anlieferung gehörig zu betrachten und hierunter ebenfalls, jedoch besonders zu berechnen.

D. Steinbahn-Bildung.

a. Handarbeiten.

Anmerkungen. 1) Hierher sind zu rechnen: die Zerkleinerung der Materialien zur Steinschlagbahn, die Herstellung des sog. Erdkastens nebst der etwaigen Unterbettung für Steinschlag- oder Grandbahn, das Setzen der Bordsteine und des etwaigen Grundbaues (Packlage) zur Steinschlagbahn, die Einbringung der Materialien und ihre gehörige Sortirung und Vertheilung beim Bau des Steinschlag- oder Grandkörpers, die Regulirung desselben und Aufbringung des Dichtungsmaterials während der Walzoperation u. s. w. Sodann sind auch die Regulirungs- und Aptirungsarbeiten des Sommerwegs und Banketts nach Anlage der Steinbahnen überhaupt hier zu berechnen.

2) Die Veranschlagung sowohl, als auch die Ausführung in Accord, nach Körper- Flächen- oder Längenmaass, welches den verschiedenen Arbeiten am zweckmässigsten zu Grunde zu legen, muss stets die Regel, wie für den ganzen Anschlag, so auch insbesondere hier bilden.

b. Steinpflaster-Arbeiten.

Anmerkung. Es gehören hierher: das Spalten, Aptiren und Sortiren der Pflastersteine, das Einbringen und etwa nöthige, besondere Befestigen der Unterbettung, die Pflasterung selbst (nach laufenden Ruthen unter Angabe der Breite), das Rammen derselben, das Besanden und die sonst nöthigen Handreichungen. Bei Klinkerbahnen sind die bezüglichen ähnlichen Arbeiten hier zu veranschlagen.

c. Walzungen.

Anmerkung. Hierunter sind lediglich die Kosten für Bespannung der Walze und für die zur besseren Dichtung etwa erforderliche Heranförderung von Wasser, nach laufenden Ruthen der zu befestigenden Bahn unter Angabe ihrer Breite, zu veranschlagen.

E. Brücken, Canäle und Durchlässe.

Anmerkungen. 1) Die hierher gehörigen, im Chausseedamme selbst liegenden Werke werden in derselben Reihenfolge hier veranschlagt, in welcher sie im Vorberichte namhaft gemacht sind.

2) Bei Canälen und Durchlässen bis 4 Fuss lichter Durchflussweite wird es der Vorlegung besonderer Risse nur bei nicht gewöhnlicher Construction bedürfen; es wird die wörtliche Beschreibung der letzteren unter Angabe der Maasse in der Regel genügen, um daraus die Veranschlagung des Bedarfs an Materialien, Arbeiten und Kosten abzuleiten und speciell hier anzugeben.

3) Von den Canälen und Durchlässen über 4 Fuss Weite, sowie von allen grösseren Brücken sind jedoch für gewöhnlich besondere Unteranschläge, gestützt auf Specialpläne und Risse (welche letztere nach den Vorschriften vom 9. November 1846 auszuarbeiten) aufzustellen und ist hier im Hauptanschlage, unter Hinweisung darauf, nur der ganze Kostenbedarf für jedes einzelne Werk solcher Art anzusetzen.

4) Kommen bei dem betreffenden Chausseebau mehrere Brückenobjecte von gleicher Construction, Bauart und etwa gleichem Kostenbetrage vor, so ist die specielle Veranschlagung (hier im Context resp. in besonderer Anlage) nur von einem derselben erforderlich, bei den übrigen aber von gleicher Art, unter Bezugnahme darauf, sind nur die Kosten im Ganzen anzugeben (dasselbe ist auch bei den zur Rubrik F. gehörenden Ueberfahrten u. s. w. zu beobachten).

F. Seitencanäle, Grabenüberfahrten mit Durchlässen, gepflasterte Gossen, Seitenmulden, Abfahrten u. s. w.

Anmerkung. Auch bei Veranschlagung dieser verschiedenen (im Vorberichte schon aufgezählten) Werke ist mit der nöthigen Specialität in Berechnung des Material-, Arbeits- und Kostenbedarfs, unter Angabe der betreffenden Dimensionen zu verfahren.

G. Futter-, Stütz- und Ufermauern.

Anmerkungen. 1) Wie ad F.

2) Wo die Construction nicht klar durch Wortbeschreibung zu geben, da wird dieselbe durch Zeichnung in angemessenem Maassstabe (cfr. Vorschriften vom 9. November 1846) zu erläutern sein, und bleibt es dabei dem Anschlagaufsteller zu erwägen überlassen, bei welchen erheblicheren Gegenständen dieser Art, und wenn die Special-Veranschlagung für den Hauptanschlag zu umfangreich erscheint, etwa besondere Unteranschläge aufzustellen sein möchten, worauf als Anlage hier Bezug zu nehmen.

H. Sicherheits-Anlagen.

Anmerkung. Die im Vorberichte sub 2 folgende bereits angedeuteten Gegenstände sind hier unter Angabe von Maass und Zahl näher zu berechnen.

I. Meilen- und Nummersteine.

Anmerkung. Die Stückzahl, Maasse und Bearbeitung der resp. Steine, ihre Anlieferung, Vertheilung, das Numeriren und Setzen sind hierunter anzugeben und zu berechnen.

K. Baumpflanzungen.

Anmerkung. Die aus den Mittheilungen im Vorberichte sich ergebende Anzahl der verschiedenen Baumsorten, resp. Ausdehnung der Buschpflanzungen, die Orte und Baumschulen, woher die Pflänzlinge zu beziehen, die Kosten des Ankaufs und der Anlieferung der Pflanzung nebst etwaiger besonderer Bearbeitung und Düngung des Bodens, dessgleichen die Kosten für Baumstangen und sonstige Schutzmittel etc. sind hier gehörig übersichtlich anzugeben und zu veranschlagen.

L. Geräthschaften.

Anmerkungen. 1) Es sind hier die Kosten für Anschaffung und Unterhaltung der sämmtlichen, für den in Frage befindlichen Bau von der Verwaltung anzuschaffenden Geräthschaften aller Art (einschliesslich etwaiger Chausseewalzen und Wasser-Transportwagen, die ohne den Bau nicht angeschafft zu werden brauchten), sowie auch etwaige Entschädigung für Herleihung von Geräthen, ferner Richtscheite, Setzwagen, Schnüre und sonstige einfache Messapparate zu veranschlagen, jedoch, namentlich zu ausgedehnteren Chaussee-Anlagen, durch summarische Darstellung der dabei beabsichtigten Arbeits-Disposition, das Bedürfniss der bedeutendsten und hauptsächlichsten Geräthe, als Hand- und Wippkarren, Schaufeln, Hacken, Hämmer, Rüst- und Laufdielen, eventuell auch Chausseewalzen und Wasserwagen etc. thunlichst zu motiviren.

2) Die Geräthschaften, welche zu den sub E., Anmerkung 3) genannten Canal- und Brückenbauten erforderlich werden, sind in dem besonderen Anschlage darüber aufzunehmen.

3) So viel als thunlich ist indessen dahin zu streben, die Kosten und Sorge der Anschaffung, Unterhaltung und Bewahrung der Geräthschaften nebst Rüstbölzer und Laufdielen, besonders zu Brückenbauten, Erdarbeiten, Verkleinerung und Aptirung der Steine u. s w. den Accord-Unternehmern der betreffenden Arbeiten zu überlassen, und bei Feststellung des fraglichen Accordpreises darauf angemessene Rücksicht zu nehmen, soweit solches im Uebrigen für die Förderung des Baues unbedenklich und auch sonst nicht besonders unvortheilhaft erscheint.

M. Entschädigungen.

(Für Grundabtretung, wegzuräumende Bäume, Früchte, Gebäude und sonstige Gegenstände, sowie auch für Steine, Sand- und Erdgewinnung, einschliesslich der Expropriationskosten.)

Anmerkung. Der Flächeninhalt von dem zur Anlage, Verlegung oder Erbreiterung der Chaussee mit ihren Gräben, Böschungen, Stellwannen etc. erforderlichen privativen Grund und Boden ist, nach Feldmarken getrennt, in der Regel in einer besonderen, dem Anschlage anzufügenden Entschädigungs-Berechnung, speciell für jedes einzelne Grundstück, in Unterscheidung der verschiedenen Bodenarten (Hofraum, Gärten, Aecker, Wiesen, Weiden, Holzgrund etc.) nachzuweisen, mit genauer Bezeichnung der Belegenheit der einzelnen Parcellen, unter Hinweisung auf die betreffende Chaussee-Grundriss-Karte.

Diese Berechnung bildet sowohl die Grundlage für die Veranschlagung der Preise, als auch für die Entschädigungs-Verhandlungen, und giebt nach ihrer Richtigkeits-Anerkennung von Seiten der Betheiligten den sichersten Anhaltspunkt bei späteren etwaigen Grenzstreitigkeiten.

(Auch die etwa unentgeltlich abzutretenden Entschädigungsgegenstände sind als solche in der Berechnung mit aufzuführen.)

N. Aufsichtskosten.

Anmerkungen. 1) Es werden hier nur die Zahlungen an nicht angestellte Techniker und Aufseher und die ausserordentlichen Remunerationen und Vergütungen an angestellte Chaussee-Aufseher veranschlagt.

2) Die Diäten und Reisekosten für angestellte Bauführer und Conducteurs bilden keinen Gegenstand des Bauanschlages.

O. Insgemein.

Anmerkungen. Es sind hier die Kosten zu berechnen:

1) für interimistische Vorrichtungen zur localen Sperrung resp. Sicherung der Passage mit Nachtwache und Leuchte (ausser bei Brückenbauten, bei deren Veranschlagung hierauf besonders Rücksicht zu nehmen ist);

2) für Kalk zum Bezeichnen der abgenommenen Steine;

3) für Vermessung und Kartirung, soweit dieselben nicht von den Baubeamten selbst, oder von denjenigen Technikern vollführt werden, deren Bezahlung in der vorhergehenden Rubrik N enthalten ist;

4) für Zeichen- und Schreibmaterialien (mit Ausnahme der aus dem Depot der Wegbaubehörde allgemein erfolgenden Materialien und Drucksachen);

5) für unvermeidliche Botenlöhne zu dienstlichen Bestellungen, für Aufräumungen in Folge ausserordentlicher Naturereignisse, und für andere nicht vorher zu sehende und zu berechnende Vorkommenheiten und Leistungen, ist ein aus der Erfahrung zu entlehnender gebräuchlicher Procentsatz nach den Gesammtkosten der vorhergehenden Anschlagsrubriken anzunehmen und hier zu veranschlagen.

Sonst muss Alles, was sich irgend vorher übersehen lässt, speciell angegeben und veranschlagt werden.

Recapitulation.

	Thlr	gr	₰
A. Planums- und Erdarbeiten	Thlr	gr	₰
B. Material-Gewinnung	„	„	„
C. Material-Anlieferung	„	„	„
D. Steinbahnbildung und zwar:			
a. Handarbeiten	„	„	„
b. Steinpflasterarbeiten	„	„	„
c. Walzungen	„	„	„
E. Brücken, Canäle und Durchlässe	„	„	„
F. Seiten-Canäle, Graben-Ueberfahrten mit Durchlässen, Gossen etc.	„	„	„
G. Futter-, Stütz- und Ufermauern	„	„	„
H. Sicherheits-Anlagen	„	„	„
I. Meilen- und Nummersteine	„	„	„
K. Anpflanzungen	„	„	„
L. Geräthschaften	„	„	„
M. Entschädigungen	„	„	„
N. Aufsichtskosten	„	„	„
O. Insgemein	„	„	„
Total-Summe	Thlr	gr	₰

Aufgestellt N . . . den ten 18

(Unterschrift des Anschlag-Aufstellers.)

(Bezeugung und Unterschrift des Wegbaumeisters.)

Schlussbemerkungen. 1) Sollten unter der einen oder anderen der obigen Rubriken keine Gegenstände zu berechnen sein, so ist gleichwohl die obige Reihenfolge bei der Anschlag-Aufstellung sowohl im Contexte, als in der Recapitulation vollständig aufzuführen, unter dem Zusatze im Contexte: „Nichts", in der Recapitulation durch einen Strich.

2) Ansätze in runden Summen müssen überall vermieden werden, wo sich der Kostenbedarf irgend berechnen und wirklich veranschlagen lässt, eventuell können solche Sätze höchstens bis zu 5 ₰ für den einzelnen, thunlichst zu erläuternden Gegenstand passiren.

3) Etwaige während oder nach der Bauausführung zu erwartende Einnahmen für entbehrlich werdende Materialien, Geräthschaften oder Grundstücke, sind nicht im Anschlage abzurechnen, sondern soweit sie von Belang und vorher zu übersehen, im Begleitberichte desselben besonders zu erörtern und nachzuweisen. (Die Verwerthung dieser Gegenstände und die Einnahme-Berechnung findet nach den darüber bestehenden oder noch zu erlassenden Vorschriften Statt.)

Kosten-Anschlag

wegen Neubaues der Landstrasse von Steinkrug nach Himmelsthür

in einer Länge von 355 Ruthen.

Vorbericht.

1) Die noch auszubauende vorbezeichnete Länge dieser Landstrasse liegt in der Feldmark Calenberg.

2) Durch kürzlich zum Abschluss gekommene Verhandlungen ist für die Richtung der auszubauenden Wegestrecke die in der angeschlossenen Karte in Blau verzeichnete Linie festgestellt worden.

Uebereinstimmend mit der im Calenberger Felde bereits gebauten Strecke erhalten auch die noch auszubauenden 355 Ruthen (1659^{m}) eine Kronenbreite von 32 Fuss ($9^{m},_{34}$), wovon 14 Fuss ($4^{m},_{09}$) auf die nördlich zu legende Steinschlagbahn, 6 Fuss ($1^{m},_{75}$) auf das nördlich sich anschliessende Bankett und 12 Fuss ($3^{m},_{5}$) auf den südlich zu legenden Sommerweg kommen.

Die Seitengräben werden oben 6 Fuss ($1^{m},_{75}$), in der Sohle 1 Fuss ($0^{m},_{29}$) breit und mit $1^1/_2$füssigen Böschungen hergestellt. Die beiden Stellwannen erhalten jede eine 2füssige Breite.

Der Erdkasten für die Steinschlagbahn wird an den Kantensteinen 8 Zoll (19,1 Cent.) tief hergestellt und in der Sohle um $^1/_6$ Zoll auf jeden Fuss (1,4 Cent. pro Meter) der ganzen Breite bombirt. Die Steinbahn erhält einen 6 Zoll (14,5 Cent.) hohen Grundbau von höchstens 8 Cub.-Zoll (114,79 Cub.-Cent.) zerschlagenen Steinen in der Stärke und eine 2 bis $5^1/_2$ Zoll (4,86 bis 13,4 Cent.) starke und $^5/_{12}$ Zoll auf jeden Fuss (3,42 Cent. pro Meter) der ganzen Breite kreisförmig gewölbte Decke, wozu die Steine nach dem Würfel von $1^1/_2$ Zoll (3,6 Cent.) Seitenmaass zerschlagen werden.

Die durchschnittliche Bahnstärke beträgt hiernach im consolidirten Zustande $9^3/_4$ Zoll (23,7 Cent.), wozu im Ganzen an Rohmaterial pro lfde. Ruthe erforderlich sind, da auf 100 Cub.-Fuss (2,5 Cub.-Meter) gedichteten Bahnkörper 150 Cub.-Fuss (3,75 Cub.-Meter) Rohmaterial zu rechnen sind:

$1^1/_2$	Kasten	Kantensteine	(0,128 Cub.-Meter pro lfdn. Meter)
10	„	Unterbausteine	(0,853 „ „ „ „)
5	„	Decklagesteine, und .	(0,426 „ „ „ „)
$^1/_2$	„	Bindegrand	(0,043 „ „ „ „)
= 17	Kasten pro lfde. Ruthe.		(1,450 Cub.-Meter pro lfdn. Meter).

Die Steine sind aus den Muschelkalksteinbrüchen bei Hallerburg, Gestorf und am Fusse des Marienberges, und der Grand aus dem Leinebette hinter Calenberg zu beziehen.

Die specielle Aufsicht bei Ausführung des veranschlagten Baues führt der Landstrassenbau-Aufseher N. zu Schulenburg.

Nr. der Positionen.	Vordersätze.	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. Thlr	gr	₰
		A. Planumsbildung.			
1	355	lfde. Ruthen (1659^{m}) Strassenplanum nach dem vorgeschriebenen Längen- und Querprofile durch Auf- und Abträge bis zu $1\frac{1}{2}$ Fuss ($0^{m},44$) Höhe, mit den nöthigen Seitengräben und dem 14 Fuss ($4^{m},09$) breiten Erdkasten herzustellen, kosten durchschnittl. pro lfde. Ruthe 1 Thlr 18 gr (10,27 gr pro Meter)	568	—	—
2	—	Die genaue Herstellung der Profile des Banketts, der Gräben und Böschungen nach Vollendung der Steinbahnarbeiten kostet pro lfde Ruthe 5 gr (1,07 gr pro Meter), für 355 Ruthen (1659^{m}) daher	59	5	—
3	—	Für Hülfsleistungen beim Einschlagen der Richtungs- und Höhenpfähle sind pro lfde. Ruthe 8 ₰ (1,71 ₰ pro Meter), für 355 Ruthen (1659^{m}) zu berechnen	9	14	—
		Summa	636	19	—
		B. Material-Gewinnung.			
4	—	An ausgesuchten 4 bis 6 Zoll ($9,7^{cent.}$ bis $14,6^{cent.}$) breiten und 12 Zoll ($29,2^{cent.}$) hohen Kantensteinen sind pro lfde. Ruthe $1\frac{1}{2}$ Kasten ($0^{mc},128$ pro lfd. Meter), im Ganzen also zu 355 Längen-Ruthen = 532 Kasten (212^{mc}) oder $8\frac{1}{4}$ Faden ($210^{mc},5$) in den Brüchen bei Hallerburg und Gestorf zu gewinnen, à Faden 14 Thlr (à Cub.-Meter 16,46 gr)	115	15	—
5	$55\frac{1}{2}$	Faden (1416^{mc}) für 355 lfde. Ruthen Unterbau der 14 füssigen Bahn ($4^{m},09$), pro lfde. Ruthe 10 Kasten ($0^{mc},853$ pro Meter), im Ganzen $55\frac{1}{2}$ Faden (1416^{mc}) Steine, solche im Steinbruche am Marienberge zu gewinnen, à Faden 7 Thlr (à Cub.-Meter 8,23 gr). .	388	15	—
6	$27\frac{3}{4}$	Faden ($708^{mc},4$) für 355 lfde. Ruthen Oberbau, pro lfde. Ruthe 5 Kasten ($0^{mc},43$ pro Meter), überhaupt also $27\frac{3}{4}$ Faden ($708^{mc},4$) Steine; solche in den Hallerburger und Gestorfer Brüchen zu gewinnen, à Faden durchschnittlich 9 Thlr (à Cub.-Meter 10,58 gr)	249	22	5
7	266	Kasten ($106^{mc},2$) Grand für 355 lfde. Ruthen Unterbau zu dichten, pro lfde. Ruthe $\frac{3}{4}$ Kasten ($0^{mc},064$ pro Meter), im Ganzen 266 Kasten ($106^{mc},2$) Grand, im Leinebette bei Calenberg zu gewinnen, à Kasten 2,5 gr (à Cub.-Meter 6,25 gr)	22	5	—
		Latus	775	27	5

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ℛ	gr	₰
		Transport..	775	27	5
8	177	Kasten (70mc,57) Grand für 355 lfde. Ruthen Oberbau zu dichten, pro laufende Ruthe ½ Kasten (0mc,043 pro Meter), im Ganzen 177 Kasten (70mc,57) Grand, à 2,5 gr (à Cub.-Meter 6,25 gr)	14	22	5
		Summa..	790	20	—
		C. Material-Anlieferung.			
	8¼	Faden (210mc,5) Kantensteine aus den Gestorfer und Hallerburger Brüchen anzufahren, à Faden durchschnittlich 19 ℛ (à Cub.-Meter 22,51 gr)..	156	22	5
10	55½	Faden (1416mc,3) Unterbausteine aus dem Marienberger Bruche anzufahren, à Faden durchschnittlich 16 ℛ (à Cub.-Meter 18,81 gr)	888	—	—
11	27¾	Faden (708mc,4) Decklagesteine aus den Hallerburger und Gestorfer Brüchen anzufahren, à Faden durchschnittlich 17 ℛ (à Cub.-Meter 19,99 gr)..	471	22	5
12	443	Kasten (176mc,77) Bindegrand aus dem Leinebette bei dem alten Calenberge anzufahren, à Kasten durchschnittlich 7 gr (à Cub.-Meter 17,55 gr)	103	11	—
13	91½	Faden (2335mc) Bruchsteine anzunehmen und nach Vorschrift aufzusetzen, à 1⅓ ℛ (à Cub.-Meter 1,57 gr)	122	—	—
14	443	Kasten (176mc,77) Bindegrand zu messen, à 4 ₰ (à Cub.-Meter 10 ₰)	5	27	2
		Summa..	1747	23	2
		D. Steinbahn-Bildung.			
		a. Handarbeiten.			
15	355	lfde. Ruthen (1659m) bei der Planumsbildung im Rohen hergestellten Erdkasten nachzureguliren, à 4 gr (à 8,56 ₰ pro Meter)	47	10	—
16	355	lfde. Ruthen (1659m) Kantensteine an jeder Seite der neuen Fahrbahn mit dicht schliessenden Fugen zu setzen à 6 gr (à 1,284 gr pro Meter).....	71	—	—
17	55½	Faden (1416mc,3) Unterbausteine neben der Bahn nach dem Würfel von 2 Zoll Seitenmass zu zerschlagen, à Faden 4 ℛ (à 4,7 gr pro Cub.-Meter)	222	—	—
18	55½	Faden (1416mc,3) zerschlagene Unterbausteine zu verbauen, à Faden 1 ℛ 8 gr 4 ₰ (à 1,505 gr pro Cub.-Meter).................................	71	1	2
		Latus..	411	11	2

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. Thlr	gr	₰
		Transport..	411	11	2
19	$27^3/_4$	Faden (708$^{m c}$,4) Decklagesteine nach dem Würfel von $1^1/_2$ Zoll Seitenmass zu zerschlagen, à Faden 8 Thlr (à 9,4 gr pro Cub.-Meter)	222	—	—
20	$27^3/_4$	Faden neben der Bahn zerschlagene Steine nach der Schablone zu verbauen, à 1 Thlr 21 gr 2 ₰..	47	10	8
21	355	lfde. Ruthen (1659^m) Unterbau festzuwalzen kosten an Handarbeiten pro lfde. Ruthe 3 gr (à 0,642 gr pro Meter)	35	15	—
22	355	lfde. Ruthen (1659^m) Oberdecke festzuwalzen, desgl. à 6 gr (à 1,284 gr pro Meter)	71	—	—
		Summa..	787	7	-
		c. Walzungen.			
23	—	Für den mehrmaligen Transport der Walze	18	—	—
24	355	lfde. Ruthen (1659^m) Unterbau festzuwalzen, à 7,5 gr (à 1,60 gr pro Meter)	88	22	5
25	355	lfde. Ruthen (1659^m) Oberdecke festzuwalzen, à 15 gr (à 3,21 gr pro Meter)	177	15	—
26	—	Für Anfuhr von Wasser zur Nässung des zur Oberdecke zu verbauenden Steinschlags, auf 15 Tage, à 3 Thlr incl. Anleihung der Wassertonne	45	—	—
		Summa..	329	7	5
		E. Brücken, Canäle und Durchlässe: Nichts.			
		F. Seiten-Canäle und Ueberfahrten.			
27	8	Graben-Ueberfahrten, jede von 20 Fuss (5^m,81) Länge, mit Durchlässen von drei Strängen Drainröhren, zur Verbindung der Aecker mit der Strasse herzustellen, zusammen 160 Fuss (46^m,73) Länge und für 10 lfde. Fuss (circa 3^m) 1 Thlr gerechnet	16	—	—
		Summa..	per	se	
		G. Futter-, Stütz- und Ufermauern: Nichts.			
		H. Befriedigungen.			
28	15	lfde. Ruthen (70^m) Weissdornhecken längs des Mühlenteiches herzustellen, mit Schluchterwerk à 20 gr (à 4,28 gr pro Meter)	10	—	—
		Latus..	10	—	—

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. $\mathscr{R}$	gr	δ
		Transport..	10	—	—
29	142	Stück Grenzsteine mit den Buchstaben W. B. versehen anzuliefern und zu setzen à 4 gr	18	28	—
		Summa..	28	28	—
		I. Meilen- und Nummersteine.			
30	18	Stück Nummersteine anzuliefern und in 20 Ruthen ($93^m,4$) Entfernung zu setzen, à 12 gr	7	6	—
		Summa..	per	se	
		K. Baumpflanzungen.			
31	355	Obstbäume sind auf der Neubaustrecke 1 Fuss ($0^m,3$) von der Kronenkante und in den Reihen 2 Ruthen ($9^m,35$) von einander entfernt zu pflanzen und sind dafür folgende Kosten anzusetzen:			
		a. 355 Stück gute Obstbäume anzukaufen, à 10 gr	118	10	—
		b. 355 Stück Bäume zu pflanzen, sie mit Baumstangen zu versehen und an dieselben zu befestigen, à Stück incl. Lieferung der Baumstangen $3\frac{1}{2}$ gr	41	12	5
		Summa..	159	22	5
		L. Geräthe.			
32	—	Für Anschaffung und Unterhaltung der nöthigen Arbeitsgeräthe pro lfde. Ruthe 6 gr, also für 355 Ruthen (1659^m) (à 1,284 δ pro Meter)......	71	—	—
		Summa..	per	se	
		M. Entschädigungen.			
33	180	Ruthen (841^m) lang den verlassenen Weg in einer Breite von circa $3\frac{1}{2}$ Ruthen ($16^m,36$) urbar zu machen, die obere Grandlage abzunehmen und zu dem Planumsbau in der neuen Strassenrichtung zu verwenden, aus dem neuen Wege-Areale die obere Ackerkrume auf die alte abgetragene Wegefläche zu bringen und in ordnungsmässigem Anschluss an die angrenzende Ackerländerei zu planiren, um die der Art cultivirte alte Wegefläche als Natural-Entschädigung in Anrechnung bringen zu können, à lfde. Ruthe $1\frac{1}{3}$ $\mathscr{R}$, für 180 Ruthen (8,56 gr pro Meter)................	240	—	—
		Latus..	240	—	—

Nr der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag.		
			₰	gr	₰
		Transport..	240	—	—
34	—	Auf der ganzen Baulänge fallen in das neue Wegeareal, einschliesslich der beiden 2 Fuss ($0^m,_{58}$) breiten Stellwannen, an Ackerland etwa 668 □ Rthn. (14589 □ Meter)			
		Davon geht ab der Flächen-Inhalt der alten, cultivirten Wegefläche mit ...... 405 □ Ruthen (8845 □ Meter)			
		Bleiben zu entschädigen 263 □ Ruthen (5744 □ Meter) à 2 ₰ pro □ Ruthe (à $2,_{748}$ gr pro □ Meter)...	526	—	—
		Summa..	766	—	—
		N. Aufsichtskosten.			
35	—	Zur nachherigen speciellen Verrechnung.........	50	—	—
		Summa..	per	se	
		O. Insgemein.			
36	—	Für unvorhergesehene Ausgaben und kleine Nebenerfordernisse, incl. zur Abrundung, kommen zur Berechnung..............................	53	26	8
		Summa..	per	se	

Recapitulation.

		$\mathcal{P}$	gr	$\mathcal{S}$
A.	Planumsbildung	636	19	—
B.	Material-Gewinnung	790	20	—
C.	Material-Anlieferung	1747	23	2
D.	a. Handarbeiten	787	7	—
D.	c. Walzungen	329	7	5
E.	Brücken, Canäle und Durchlässe ...... Nichts	—	—	—
F.	Seiten-Canäle und Ueberfahrten	16	—	—
G.	Futter-, Ufer- und Stützmauern ...... Nichts	—	—	—
H.	Befriedigungen	28	28	—
I.	Meilen- und Nummersteine	7	6	—
K.	Baumpflanzungen	159	22	5
L.	Geräthe	71	—	—
M.	Entschädigungen	766	—	—
N.	Aufsichtskosten	50	—	—
O.	Insgemein	53	26	8
	Total..	5444	10	—

Calenberg, den 18
K. A.

Hannover, den 18
K. W. J.

I. Chaussee von N
nach N.
. . . te und . . . te Meile.

Unterhaltung 18

III.

Inspections-Bezirk.

N.

Anschlag

der erforderlichen Kosten zur Unterhaltung der . . . ten Aufseher-Abtheilung von . . . Meilen . . . Ruthen Länge.

Anmerkungen. 1) Es ist hier nur die wegbauseitig zu unterhaltende Länge anzugeben, ohne Rücksicht auf die Strecken in oder vor den Städten, sofern solche nicht auf den Chaussee-Etat übernommen sind.

2) Andere Bruchtheile als $1/2$ sind in der Regel hier füglich ausser Acht zu lassen; was darüber, ist für eine volle Ruthe, was darunter gar nicht zu rechnen.

Vorbericht.

1) Bezeichnung des Anfangs- und Endpunktes dieser Abtheilung.

Anmerkung. Wenn diese Chaussee-Abtheilung von einer anderen Chaussee abzweigt oder in solche mündet, so sind die betreffenden Mündungspunkte durch ihre Entfernungen vom Anfangspunkte solcher Chaussee dabei anzugeben.

2) In ihrer ganzen wegbauseitig zu unterhaltenden Länge begreift die Aufseher-Abtheilung:

	von	bis	in	Fuss	Breite	lfde.	Ruthen
a. Steinschlagbahn.	von . . .	bis . . .	in . . .	Fuss	Breite . . .	lfde.	Ruthen
b. Steinpflasterbahn	„	„	„	„	„	„	„
c. Doppelbahn	„	„	„	„	„	„	„
d. Grandbahn	„	„	„	„	„	„	„

Anmerkung. Dabei ist anzugeben, in welcher Breite die Doppelbahn aus Steinschlag oder Grandbahn besteht.

e. Sand- oder Erddämme von . . . . bis	„	„
f. Die Fahrbahnlänge auf der Brücke über (Fluss, Bach) beträgt	„	„

Anmerkung. Wo die Brücken weder Mittelpfeiler noch Pfahljoche haben (Kettenbrücken machen eine Ausnahme) fällt die Angabe der Brücken-Fahrbahnlänge weg.

Länge . . . lfde. Ruthen
oder . . . Meilen . . . Ruthen.

3) Bei dieser Abtheilung liegen wegbauseitig nicht zu unterhaltende Strecken (vor dem Anfangs- oder hinter dem Endpunkte oder an sonstiger mit Hülfe der Nummersteine näher zu bezeichnenden Stelle der Chaussee):

a. in der Stadt N. von ... bis .... Meilen ... Ruthen.
b. „ „ „ „ „ „ .... „ „

Zusammen ... Meilen ... Ruthen.

4) Bezeichnung des Bruches und Fundortes, aus welchem das Material an Steinen, Grand und Sand erfolgt, in welcher Entfernung jeder derselben nach mittlerer Wege-Entfernung von der Unterhaltungsstelle liegt; mit Bemerkung über die Wegebeschaffenheit und ob der bezeichnete Steinbruch der Verwaltung oder wem sonst angehört; im ersteren Falle, ob eigenthümlich oder nur zeitweilig auf Contract oder sonstiger Vereinbarung.

5) Das besoldete Aufseherpersonal und Wärterpersonal besteht aus:

a. Aufseher N. N. wohnhaft zu ....
b. Wärter . N. N. „ „ ....

6) Allgemeine technische Beschreibung der erforderlichen hauptsächlichsten Unterhaltungsarbeiten.

Besonders ist hier, mit Bezeichnung und Länge der betreffenden Chausseestrecken, anzugeben, wo resp. die Pflaster-, Steinschlag- oder Grandbahn etwa einer Umlegung, ganzen Ueberdeckung oder nur der gewöhnlichen Ausbesserung und Unterhaltung bedarf.

Anmerkungen. a. Die Begründung dieser Arbeiten findet überall nicht im Anschlage oder dessen Vorberichte, sondern in den begleitenden Berichten, in Reihenfolge nach den verschiedenen Chausseen und deren Aufseher-Abtheilungen, Statt.

b. Die Umbauten, Veränderungen und Vervollständigungen der Hauptbestandtheile der Chaussee gehören nicht in die Unterhaltungsanschläge, eben so wenig die Erneuerung oder Vervollständigung von Brücken, die mehr, denn das Wasser aus den Chausseegräben ab- oder durchführen.

A. Material-Gewinnung.

Anmerkungen. 1) Zunächst ist hier der Materialbedarf nach Kasten à 16 Cubikfuss (0,3987 Cub.-Meter) für die einzelne laufende Ruthe und danach für die ganze Länge der bezüglichen, im Vorberichte sub 6 genannten Steinbahnstrecken zu berechnen.

2) Das bestimmt zu erwartende Vorrathsmaterial aus demjenigen Rechnungsjahre, welches der Periode der jedesmal in Frage kommenden Veranschlagung vorhergeht, imgleichen das aus der alten Bahn (bei Umlegungen) erfolgende brauchbare Material ist von den betreffenden Einzelsätzen des ermittelten Bedarfs abzurechnen.

3) Für das so gefundene Material-Erforderniss sind Gewinnungskosten in der Regel nur in so weit zu veranschlagen, als dasselbe aus Steinbrüchen erfolgen wird. Wenn der Bruchzins in dem Brecherlohne mit begriffen, so ist das jedesmal besonders anzugeben. Im andern Falle ist der an Privaten zu zahlende Bruchzins unter der Rubrik „Entschädigungen“ zu berechnen.

4) Etwaige Kosten für Schürfen nach Steinen, Grand etc. und für Ebnung von Steinbrüchen und Gruben sind hier mit zu berücksichtigen.

B. Material-Anlieferung und Fuhren.

Anmerkungen. 1) Die Aufuhr der aus Steinbrüchen erfolgenden Bruchsteine (unter Bezugnahme auf die betreffende Position der Materialgewinnung) und die Anlieferung incl. des Sammelns oder Rodens der aus Haiden, Aeckern oder anderen Fundorten erfolgenden Materialien ist unter Angabe der ungefähren Entfernung bis zu den betreffenden Chausseestrecken (oder einstweiligen Lagerplätzen) nach Faden oder auch, wo es angemessener erscheint, nach Kasten, übrigens gehörig separirt und übersichtlich zu veranschlagen.

2) Auch die Kosten für Anlieferung von Grand, Sand, Bindematerial zum Walzen etc. und sonstige Fuhren sowohl behuf der Steinbahn, Umlegung oder Ausbesserung, als auch behuf Forträumung von Schlamm und anderer Erde (soweit sie nicht verwerthet oder unentgeltlich abgefahren wird) sind hier zu berechnen.

3) Auf etwaige Pflaster-, Weg- und Brückengelder für Material-Anlieferung ist hier ebenfalls Rücksicht zu nehmen.

4) Dessgleichen auf etwa erforderliche An- und Umrückung von Materialien an den Chausseestrecken oder von bestimmten Lagerplätzen, sie mag durch Spannwerk oder durch Arbeiter geschehen.

5) Ebenso sind hier die Kosten zu veranschlagen, welche etwa unvermeidlich sind, um die lediglich zur Material-Anfuhr behuf Unterhaltung dieser Chaussee dienenden Wege in fahrbaren Stand zu setzen oder darin zu unterhalten.

Wird auf solchem Wege indessen das Material für mehrere Chausseen oder für mehrere Inspectionsbezirke angefahren, so werden in solchem Falle diese Kosten, wenn sie von verhältnissmässiger Erheblichkeit sind, in einem besonderen Anschlage und nicht für eine einzelne Aufseherabtheilung berechnet, welcher Anschlag neben den Chaussee-Unterhaltungs-Anschlägen abgesondert eingereicht wird.

6) Die Aufmessungskosten der Materialien (in Accord) sind als zur Anlieferung gehörig zu betrachten, und hierunter ebenfalls, jedoch besonders zu berechnen.

C. Handarbeiten.

Anmerkungen. Es sind hierher zu rechnen: 1) Die Verkleinerung, Aptirung und Verbauung der Materialien zur Ueberdeckung, wiederherzustellenden Ein-

fassung oder gewöhnlichen Ausbesserung der Steinschlag- und Grandbahnen, nebst Sortirung und Aufbringung des Dichtungsmaterials, sowie auch die nöthigen Hülfsarbeiten bei der Walzungs-Operation; ferner das Reinigen der Fahrbahnen von Schlamm und die thunlichst rasche Beseitigung des Ueberflusses davon (excl. der dazu etwa erforderlichen Fuhren, cfr. Rubrik B. Anmerk. 2), die Instandhaltung, Regulirung und Reinigung der Sommerwege, Banketts, Fusswege, Gräben und Böschungen, auch Reinigung der Gossen und sonstiger Wasserabzüge; das Auslegen der Sperrsteine nach den bestehenden genau zu beachtenden Vorschriften, das Aufräumen der Fahrbahn bei Schneefall u. s. w.

2) Die Veranschlagung sowohl, als die Ausführung in Accord, nach Körper-, Flächen- oder Längenmaass, welches den verschiedenen Arbeiten am zweckmässigsten zum Grunde zu legen, muss stets die Regel, wie für den ganzen Anschlag, so auch insbesondere hier bilden.

3) Tagelohn ist nur ausnahmsweise für Arbeiten anzusetzen, welche sich nach Maass und Zahl nicht füglich angeben lassen.

D. Steinpflasterarbeiten.

Anmerkung. Hierher gehören: das Spalten, Aptiren und Sortiren der Pflastersteine, das Einbringen und etwa nöthige besondere Befestigen der Unterbettung, der Aufbruch des alten Pflasters und die zur Umlegung oder Ausbesserung desselben nöthigen Arbeiten; die Beseitigung des dabei vorfallenden Abraums unter Bewahrung der brauchbaren Materialien; das Rammen, das Besanden und die allgemeine Wartung und Unterhaltung des Pflasters in der Sandüberlage.

E. Walzungen.

Anmerkung. Hierunter sind lediglich die Kosten für die Bespannung der Walze und für die zur besseren Dichtung etwa erforderliche Heranförderung von Wasser, nach laufenden Ruthen der zu befestigenden Bahn zu veranschlagen, wobei je nach der Längen- und Breitenausdehnung der Flächen, Härte der Materialien, oder sonst in Frage kommenden Umstände der Preis zu begründen ist.

F. Brücken, Canäle, Ueberfahrten etc.

Anmerkungen. 1) Hier sind die Kosten für die Unterhaltung von allen in dem Chausseedamme oder zur Seite liegenden Brücken, Canälen und Durchlässen, sowie gepflasterten Gossen, Mulden und Abfahrten bis zur Erneuerung derselben (sofern nicht die Erneuerung oder Vervollständigung der im Vorberichte sub 6., Anm. b. erwähnten Brücken in Frage kommt) speciell zu veranschlagen.

2) Wenn bei hierher gehörigen Gegenständen die Special-Veranschlagung zu umfangreich für den Hauptanschlag erscheint, so sind in den geeigneten Fällen für die einzelnen Objecte Separatanschläge aufzustellen, und, unter Be-

zugnahme darauf, hier im Hauptanschlage nur die Kosten im Ganzen dafür anzusetzen.

3) Nur wenn bei nicht gewöhnlichen Constructionen und bedeutenderen Reparaturen an Brücken durch wörtliche Beschreibung die beabsichtigten Arbeiten nicht genügend anschaulich zu machen sind, so wird es der Miteinsendung besonderer Risse mit eingeschriebenen Maassen bedürfen, worauf denn als Anlage entweder hier oder in den besonderen Unteranschlägen Bezug zu nehmen ist.

G. Weghäuser sammt Zubehör und Weggeld-Barrièren.

Anmerkungen. 1) Hier sind die Kosten der Unterhaltung der Wohn- und Stallgebäude zu berücksichtigen, zugleich aber auch die Erfordernisse einer nothwendigen Reparatur und gänzlichen Auswechselung durchaus nicht weiter zu conservirender Nebenbauwerke, an Brunnen, Befriedigungen etc., incl. der Weggeld-Barrièren, sowie des sonstigen, unzweifelhaft der Chaussee-Bauverwaltung angehörigen Inventarii, an Tafeln, offenen Schränken, Leuchten etc., wie denn auch das Schornsteinfegerlohn hier auszuwerfen ist.

2) Sind an den fraglichen Gebäuden oder zubehörigen Bauwerken grössere Reparaturen vorzunehmen, deren Special-Veranschlagung für den Hauptanschlag zu umfangreich erscheint, so ist solcherhalb ein besonderer Anschlag aufzustellen, worauf hier als Anlage Bezug zu nehmen sein wird, unter Erläuterung des Bedürfnisses im begleitenden Inspectionsberichte.

3) In Fällen einer unvermeidlichen Erneuerung oder Veränderung in dem Umfange, oder der innern Einrichtung der Gebäude, sowie einer grösseren Umgestaltung der zubehörigen Bauwerke ist darüber, ganz abgesondert von den Unterhaltungs-Vor- und Anschlägen, jedesmal unter Vorlegung eines erläuternden Risses und Anschlags ein Antrag von der Inspection zu machen.

H. Befriedigungen etc.

Anmerkungen. 1) Hierunter sind auch speciell zu veranschlagen die Kosten für Unterhaltung und Herstellung der Stütz-, Futter- und Ufermauern und alle sonstigen Vorrichtungen, die zur Sicherung des Verkehrs auf den Chausseen, sowie neben Steinbrüchen, Grand- und Sandgruben, nöthig sind, ferner auch die Abweisepfähle und Steine, auch die Grenzsteine.

2) Dessgleichen sind hier die Kosten zu berechnen für die Erhaltung der Kantenzäune an den Böschungen, Gräben und sonstigen Ufern. (Deckwerke an den Brücken gehören zur Anschlagsrubrik sub F.)

3) Ueber grössere Verwendungen für obige Gegenstände wird, wo es angemessen erscheint, ein besonderer Anschlag, erforderlichen Falles durch Zeichnung erläutert, auszuarbeiten und daraus als Anlage hier Bezug zu nehmen sein.

I. Meilen- und Nummersteine.

Anmerkung. Hier sind auch die Kosten für etwa vorkommende Handweiser, sowie für Warnungs- und sonstige Tafeln und deren Pfahlwerke zu berechnen.

K. Baumpflanzungen.

Anmerkungen. 1) Hier sind die Kosten gehörig übersichtlich (durch Sachverständige) zu veranschlagen für die Ergänzungen schon bestandener Pflanzungen von Obst- oder Waldbäumen nebst Baumstangen und sonstigen zur Sicherung der Bäume dienenden Schutzmitteln, desgleichen von Buschpflanzungen an den Böschungen etc., ferner für die gehörige Reinigung und Erhaltung der Bäume und Buschpflanzungen im Beschnitt, sowie auch für das Ergänzen der Anbindung.

2) Wenn in Folge von Naturereignissen ganze Reihen von Bäumen auf den Chausseen vernichtet werden, so erfolgen die Kosten für deren Herstellung nicht aus dem Unterhaltungs-, sondern aus dem Neubau-Fonds und ist für solchen Fall besonderer Anschlag einzureichen.

L. Geräthschaften.

Anmerkungen. 1) Hier sind die Kosten zu berechnen für Ergänzung der abgängigen und Unterhaltung der noch tauglichen grösseren Arbeitsgeräthe an Schneepflügen, Messkasten, Sieben, Rammen, Stampfen, Karren, Hämmern, Brecheisen u. s. w.

2) sowie auch die Unterhaltung der Chausseewalzen und dazu gehörigen Wasser-Transportwagen (deren erste Anschaffung aus Neubaumitteln bestritten wird); desgleichen für die Ergänzung und Unterhaltung der kleineren Arbeitsgeräthe und Instrumente aller Art, soweit selbige nicht, theils von den eigentlichen Handwerkern, incl Steinsetzer von Profession, sowie von den Steinbrechern und Aufbereitern der Pflastersteine, theils von den Tagelöhnern und Accordarbeitern bedungenermassen selbst gehalten werden müssen, und mag pro 100 lfde. Ruthen der Aufseherabtheilung ein entsprechender, aus der Erfahrung entlehnter Betrag für solche Ergänzung und Unterhaltung hier ausgeworfen werden, wo die Veranschlagung nicht im Speciellen thunlich sein sollte.

M. Entschädigungen.

Anmerkungen. Es sind hier die Kosten zu veranschlagen:

1) für die laut besonderer Vereinbarungen, sowohl fortlaufend, als vorübergehend, zu leistenden Entschädigungen für die Benutzung von fremden Steinbrüchen (Bruchzins), Grand-, Sand- und Erdgruben, oder für Sodenstich etc. (Die desfallsigen Beträge müssen hier specificirt werden, bei Angabe, ob und welches Körper- oder Flächenmass, oder nur eine runde Summe der Berechnung der Entschädigung zum Grunde liegt);

2) für zeitweilige Benutzung von Steinfuhrwegen, sowie von Plätzen zur Material- oder Schlammniederlage etc.;

3) für Miethe von Gerätbelocalen, deren Dauer und Preis mit dem Namen des Eigenthümers anzugeben ist;

4) dagegen bleiben hier ausser Acht: die Kosten für Grunderwerbungen bei nöthigen Grabenanlagen, Verlegungen oder Erweiterungen incl. Stellwanne, oder in sonstigen unvermeidlichen Veranlassungen, sowie auch für Gebäude- und Bauwerke-Versetzungen, in Folge nothwendig befundener partiellen Veränderung in der Chausseelinie; indem diese Gegenstände nicht dem Unterhaltungs-, sondern dem Neubau-Fonds zur Last fallen, und betreffende besondere Vor- und Anschläge erfordern.

N. Insgemein.

Anmerkungen. Hier sind zu berechnen die Kosten:

1) für interimistische Vorrichtungen zur Sperrung der Passage mit Nachtwachen und Leuchten;

2) für Kalk zum Bezeichnen der abgenommenen Steine.

3) Für unvorherzusehende Arbeiten und Leistungen, unvermeidliches Botenlohn zu dienstlichen Bestellungen, für Aufräumungen in Folge von Sturzregen und sonstigen ausserordentlichen Naturereignissen, und für andere Vorkommenheiten, wovon die Ausgaben der Chausseebauverwaltung unvermeidlich zur Last fallen, ist ein aus der Erfahrung zu entlehnender gebräuchlicher Procentsatz nach den Gesammtkosten der vorhergehenden Rubriken dieses Anschlags auszuwerfen. (Sonst darf hier durchaus nichts berechnet werden, was unter die übrigen Rubriken gehört.)

Recapitulation.

A.	Material-Gewinnung	ℛ	gr	₰
B.	Material-Fuhren	„	„	„
C.	Handarbeiten	„	„	„
D.	Steinpflasterarbeiten	„	„	„
E.	Walzungen	„	„	„
F.	Brücken, Canäle, Ueberfahrten etc.	„	„	„
G.	Weghäuser sammt Zubehör	„	„	„
H.	Befriedigungen	„	„	„
I.	Meilen- und Nummersteine	„	„	„
K.	Baumpflanzungen	„	„	„
L.	Geräthschaften	„	„	„
M.	Entschädigungen	„	„	„
N.	Insgemein	„	„	„
	Total-Summe.	ℛ	gr	₰

Aufgestellt den ten 18

(Unterschrift des Inspections-Vorgesetzten.)

(Bezeugung und Unterschrift des Wegbaumeisters.)

Schlussbemerkungen. 1) Sollten unter der einen oder anderen der obigen Rubriken keine Angaben zu berechnen sein, so sind selbige gleichwohl stets vollständig in gehöriger Reihenfolge, sowohl im Context, als in der Recapitulation aufzuführen, unter dem Zusatze, im Contexte: „Nichts“, in der Recapitulation durch einen Strich.

2) Ansätze in runden Summen müssen überall vermieden werden, wo sich der Kostenbedarf irgend berechnen und wirklich veranschlagen lässt, eventuell können solche Sätze höchstens bis zu 5 $ für den einzelnen, thunlichst zu erläuternden Gegenstand passiren.

3) Der Geldwerth der Arbeitsleistungen des vorhandenen Wärterpersonals ist von denjenigen Anschlags-Rubriken in Absatz zu bringen, unter welche die Leistungen fallen.

4) Die mehr oder weniger eigentlichen Verwaltungsausgaben, als:

a. die feststehenden Besoldungen, Zulagen und Remunerationen, sowie die fixirten Dienst-Emolumente der Weggeld-Erheber;
b. die der Hebestellen sammt Zubehör wegen zu zahlenden Miethgelder, Landpacht, Grund- und Häusersteuer, Grund- und Erbenzins und Brandcassenbeiträge, wo letztere gesetzlich zu berichtigen sind;
c. die feststehenden Besoldungen und Zulagen der wirklich oder provisorisch angestellten Chaussee-Aufseher;
d. dessgleichen der Chaussee-Wärter,

werden nicht in den Unterhaltungs-Anschlägen berechnet.

5) Ebenso sind auch die chausseebauseitig zu unterhaltenden Gebäude, Bauwerke und sonstigen Gegenstände in einem die ganze Inspection umfassenden Verzeichnisse, jedoch getrennt darin für die einzelnen Aufseherabtheilungen, nach dem (durch Ministerial-Rescript vom 24. December 1845) dazu vorgeschriebenen Formulare aufzuführen, und ist solches Verzeichniss als fernere besondere Anlage dem Begleitberichte anzufügen.

6) Etwa zu erwartende Einnahmen für entbehrlich werdende Materialien, Geräthschaften, Baumabfälle u. s. w. sind nicht im Anschlage abzurechnen, sondern, soweit sie von grösserem Belang, und vorher zu übersehen, im Begleitberichte besonders zu erörtern.

Chaussee von Hannover auf Nenndorf
(1ste und ein Theil der 2ten Meile.)

Unterhaltung pro 18⁶¹/₆₂.

Inspection Hannover.

№ 2.

Anschlag

der erforderlichen Kosten zur Unterhaltung der 1. Aufseher-Abtheilung von 1 Meile 590 Ruthen Länge (10,175 Kilom.).

Vorbericht.

1) Die Chaussee-Abtheilung beginnt am Calenberger Thore, führt durch die Ortschaften Linden, Bornum und Empelde und endet an der Barrière zu Everloh.

2) In ihrer ganzen wegbauseitig zu unterhaltenden Länge begreift diese Chaussee-Abtheilung:

a.	Steinpflasterbahn vom Calenberger Thore bis zur Ihmebrücke von 24 bis 56 Fuss Breite (7^m bis $16^m,35$)	$31^1/_4$	Ruthen	($146^m,03$)
b.	desgleichen auf der Ihmebrücke von $23^1/_2$ Fuss Breite ($6^m,86$)	$11^1/_4$	„	($52^m,57$)
c.	desgleichen von der Ihmebrücke bis nach dem Weghause vor Linden von 24 bis 36 Fuss Breite (7^m bis $10^m,5$)	197	„	($920^m,58$)
d.	Doppelbahn 18 Fuss ($5^m,26$) Pflaster- und 12 Fuss ($3^m,5$) Steinschlagbahn	$350^1/_2$	„	($1637^m,90$)
e.	Steinschlagbahn vom Tönniesberge bis zur Barrière in Everloh, 20 Fuss Breite ($5^m,84$)	$1587^1/_2$	„	($7418^m,39$)
	Zusammen	$2177^1/_2$	Ruthen	($10175^m,47$)

oder wie oben: 1 Meile 950 Ruthen.

3) In dieser Abtheilung liegen keine, wegbauseitig nicht zu unterhaltende Wegestrecken.

4) Zur Unterhaltung der Fahrbahn werden folgende Steinmaterialien verwandt:

a. Keuperpflastersteine aus dem Bruche am Lüningsberge bei Aerzen behuf der Pflasterstrecken. Der Bruch ist von der Wegbauverwaltung in Zeitpacht genommen. Das Material muss $7^1/_2$ Meilen ($55^{km},7$) weit verfahren werden. — Der zur Unterhaltung des Fussweges in und hinter Linden erforderliche Grand wird aus der Ihme entnommen. Der Pflastersand wird aus der Umgegend von Linden und Herrenhausen bezogen.

b. Fester Grauwackensandstein aus dem Steinbruche im Communion-Gebiete am Rammelsberge bei Goslar. Dieses Material muss $2^3/_4$ Meilen ($20^{km},42$) mittelst gewöhnlicher Fuhrwerke und $13^1/_4$ Meilen ($98^{km},4$) per Eisenbahn transportirt werden. Der Bruchzins liegt mit im Gewinnungspreise.

5) Das besoldete Aufseher- und Wärterpersonal besteht aus:

a. dem Wegbau-Aufseher N. zu Linden,
b. dem Chausseewärter N. zu Northen.

6) Die Nummersteine auf dieser Chaussee-Abtheilung stehen 20 Ruthen von einander.

7) Auf dieser Abtheilung ist wegen der Nähe von Linden und Hannover immer ein grosser Mangel an Arbeitern, wodurch der Reparaturbetrieb sehr vertheuert wird.

8) Vor der Barrière zu Linden liegt ein altes 32 □Ruthen (699 □Meter) haltendes sehr schlechtes Steinpflaster, dessen Umlegung im nachstehenden Anschlage berücksichtigt ist. Ferner sind nach diesem Anschlage 200 lfde. Ruthen (935^m) Nebenbahn von Nr. 20 bis Nr. 30 zu überdecken.

Nr. der Positionen.	Vordersätze.	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. Thlr	gr	pf
		A. Material-Gewinnung.			
		I. Pflasterbahn.			
		1) Zur Umlegung.			
a	32	□ Ruthen (698,9 □ Meter) altes Pflaster, von der v. Alten'schen Mauerecke in Linden bis zum Weghause daselbst, umzulegen, erfordert an Zuschusspflastersteinen pro □ Ruthe 5 Kasten (0^{mc},[illegible] pro □ Meter). (Die Abfälle kommen der Steinschlagbahn zu Gute) . . 160 Kasten (63^{mc},[illegible]9)			
		2) Zur Reparatur.			
b	213	lfde. Ruthen (995^{m},[illegible]) 24 bis 56 Fuss (7 bis 16^{m},35) breite Pflasterbahn, vom Calenberger Thore bis an die vorbenannte Umbaustrecke, erfordern pro lfde. Ruthe $^1/_{20}$ Kasten (0,0125 Cub.-Meter pro Meter) Zuschuss-Pflastersteine. . . . . 10 Kasten (3^{mc},99)			
c	350$^1/_2$	lfde Ruthen (1637^{m},9) 18 Fuss (5^{m},26) breite Pflasterbahn vom Lindener Weghause bis oben auf den Tönniesberg, à lfde. Ruthe $^1/_{16}$ Kasten (0,[illegible]53 Cub.-Meter pro Meter) Zuschuss an Pflastersteinen. 22 Kasten (8^{mc},77)			
		Zusammen 192 Kasten (76^{mc},55) oder 3 Faden Lüningsberger Pflastersteine.			
		II. Steinschlagbahn.			
		1) Zu Decken.			
d	200	lfde. Ruthen (934^{m},6) Nebenbahn von Nr. 20 bis Nr. 30 zu decken erfordern:			
		α. pro lfde. Ruthe 1$^1/_2$ Kasten Ronneberger Steine (0^{mc},128 pro lfd. Meter) zur Abgleichung und Verstärkung des stark abgenutzten Unterbaues . . . . 300 Kasten (120^{mc},00)			
		ausserdem			
		β. pro lfde. Ruthe 8 Kasten Grauwackensteine (0^{mc},256 pr. Meter) . . . . 600 Kasten (240^{mc},00)			
		Latus. . 900 Kasten (360^{mc},00)			

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag Thlr	gr	₰
		Transport . 900 Kasten (360^{mc},60)			
e	90	lfde. Ruthen (420^{m},6) pro 18^{59}/$_{60}$ zwischen Nr. 30 und 34½ gedeckte Nebenbahn, haben zur Abgleichung und Verstärkung des Unterbaues und, um mit den zur Deckenbildung veranschlagten 3 Kasten Grauwackensandsteine pro lfde Ruthe (0^{mc},256 pro Meter) das normale Profil herzustellen, noch 1½ Kasten (0^{mc},128 pro Meter) Ronneberger Steine erfordert, im Ganzen also .... 135 Kasten (53^{mc},8)			
		2) Zur Reparatur.			
f	110	lfde. Ruthen (514^{m}) in diesem Jahre von Nr. 0 bis Nr. 5½ gedeckt werdende Steinbahn — Kasten			
g	290	lfde. Ruthen (1355^{m}) von Nr. 5½ bis 20, à ½ Kasten Grauwackensandsteine (0^{m},043 pro Meter) .... 145 Kasten (583^{mc},00)			
h	60	lfde. Ruthen (280^{m}) von Nr. 20 bis 23, pro 18^{59}/$_{60}$ gedeckte Länge .... — Kasten			
i	240	lfde. Ruthen (1121^{m},3) von Nr. 23 bis 35, pro lfde. Ruthe 1 Kasten (0^{mc},086 pro Meter) Grauwackensandsteine .... 240 Kasten (96^{mc},15)			
k	500	lfde. Ruthen (2336^{m},5) von Nr. 35 bis 60, à lfde. Ruthe 1½ Kasten (0^{mc},043 pro Meter) dergl. 250 Kasten (100^{mc},45)			
l	387½	lfde. Ruthen (1810^{m},8) von Nr. 60 bis 79, à lfde. Ruthe ½ Kasten (0^{mc},043 pro Meter), incl. des aus Noth bereits verbrauchten Quantums. ...... 194 Kasten (77^{mc},86)			
		Summa 1864 Kasten (746^{mc},86)			
		oder:			
1	7	Faden (178^{mc},6 à 9,4 *gr*) Ronneberger Steine, à 8 Thlr. ..	56	—	—
2	22	Faden (561^{mc},1 à 20,5 *gr*) Grauwackensandsteine, à 17 Thlr. 15 *gr*	385	—	—
		Summa..	441	—	—

Nr. der Positionen.	Vordersätze.	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. Thlr	gr	₰
		B. Material-Anlieferung und Fuhren.			
3	3	Faden (76^{mc},56) Lüningsberger Pflastersteine anzuliefern, pro Faden incl. Bearbeitung 149 Thlr 10 gr (à 5 Thlr 25 gr pro Cub.-Meter)	448	—	—
4	7	Faden (178^{mc},[illegible]) Ronneberger Steine anzuliefern, à 16 Thlr (à 18,8 gr pro Cub.-Meter)	112	—	—
		Die Grauwackensandsteine 13½ Meilen (100^{km},3) per Eisenbahn und 2¾ bis 3 Meilen (20^{km},1 — 22^{km},[illegible]) mittelst gewöhnlichen Fuhrwerks zu transportiren, kosten (einschliesslich des Aufruthens am Vienenburger Bahnhofe, sowie des Verladens in die Eisenbahnwagen) für:			
5	9	Faden (229^{mc},7) von Linden bis auf den Tönniesberg, à Faden 90 Thlr (3 Thlr 15,8 gr pro Cub.-Meter)	810	—	—
6	2$^{17}/_{64}$	**Faden (57^{mc},8) von Nr. 0 bis 20, à Faden 92 Thlr** (3 Thlr 18,2 gr pro Cub.-Meter)	208	13	1
7	3$^{49}/_{64}$	**Faden (96^{mc},1) von Nr. 20 bis 35, à Faden 96 Thlr** (3 Thlr 22,9 gr pro Cub.-Meter)	361	15	—
8	3$^{58}/_{64}$	Faden (99^{mc},7) von Nr. 35 bis 60, à Faden 100 Thlr (3 Thlr 27,6 gr pro Cub.-Meter)	390	18	8
9	3$^{2}/_{64}$	**Faden (77^{mc},36) von Nr. 60 bis 79, à Faden 106 Thlr** (4 Thlr 4,6 gr pro Cub.-Meter)	321	9	4
10	100	Kasten (39^{mc},87) Bindegrand zur 200 Ruthen (934^{m},6) langen Decke zwischen Linden und dem Tönniesberge zu liefern, à 10 gr (25 gr pro Cub.-Meter)	33	10	—
11	250	Kasten (99^{mc},68) Grand zur Unterhaltung des Fussweges und zur Bedeckung der abgeweheten Steinbahnstrecken, pro Kasten 10 gr (25,08 gr pro Cub.-Meter)	83	10	—
12	120	Kasten (48^{mc},[illegible]) Grand zu den Pflasterumlegungen, à 7,5 gr (18,75 gr pro Cub.-Meter)	30	—	—
13	40	Kasten (16^{mc},[illegible]) Grand zu den Pflasterreparaturen, à 7,5 gr (18,75 gr pro Cub.-Meter)	10	—	—
14	3	Faden (76^{mc},56) Pflastersteine aufzuruthen, à 1 Thlr 10 gr (15,7 gr per Cub.-Meter)	4	—	—
15	29	Faden (740^{mc},14) Bruchsteine aufzuruthen, à 1 Thlr 10 gr (15,7 gr pro Cub.-Meter)	38	20	—
16	510	Kasten (203^{mc},[illegible]) Grand und Sand zu messen, à 3 ₰ (7,5 ₰ pro Cub.-Meter)	5	3	—
		Latus . .	2856	9	3

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. $\mathscr{P}$	gr	₰
		Transport..	2856	9	3
17	30	Tagefuhren, um den Schlamm von der Hannover-Casseler Chaussee zur dringend nothwendigen Besserung des tief ausgefahrenen Sommerweges am Tönniesberge anzufahren, à 3 $\mathscr{P}$ (mit Wechselwagen)	90	—	—
18	20	Tagefuhren mit Wechselwagen zur Abfuhr des Chaussee-Schlammes, welcher nicht unentgeltlich abgeholt wird, à 2½ $\mathscr{P}$	50	—	—
19	2	Tage den Schneepflug nach Schneefall mit 4 Pferden zu bespannen, à 4 $\mathscr{P}$.....................	8	—	—
		Summa..	3004	9	3
		Davon ab: der Werth einer einmonatlichen Wärterleistung mit...............................	7	—	—
		Bleiben..	2997	9	3
		C. Handarbeiten.			
20	22	Faden (561mc,1) Grauwackensandsteine nach dem Würfel von 1½ Zoll bis 1⅔ Zoll Seitenmaass (3,61 bis 3,72 Centim.) zu zerschlagen, à Faden incl. Haltung der Geräthe von Seiten der Steinschläger 18 $\mathscr{P}$ 20 gr (21,94 gr pro Cub.-Meter)..	410	20	—
21	7	Faden (178mc,6) Ronneberger Steine grob zu zerschlagen, à 5⅓ $\mathscr{P}$ (6,27 gr pro Cub.-Meter)	37	10	—
22	42½	lfde. Ruthen (198m,6) 24 bis 56 Fuss (7m — 16m,35) breite Pflasterbahn vom Calenberger Thore bis über die Ihme-Brücke im Laufe des Jahres 40 Mal abzuschlämmen, oder zu fegen und den Abraum zu beseitigen, erfordern nach gemachter Erfahrung 80 Tagelöhne, à 11,3 gr	30	4	—
23	170	Ruthen (794m,4) lang in Linden die westliche Gosse 100 Mal zu reinigen, erfordert jedesmal ¾ Tage Arbeit, im Ganzen 75 Tagelöhne, à 11,3 gr.....	28	7	5
24	232	lfde. Ruthen (1084m,1) Fussweg vom Calenberger Thore bis über die Ihme-Brücke auf beiden Seiten, von da ab bis durch Linden auf einer Seite, stets in Ordnung und rein zu erhalten, denselben mehrere Male mit gesiebtem Grande abzugleichen und im Winter bei Glatteis mit Asche und Sand zu bestreuen etc., erfordert wöchentlich 1½, im Ganzen also 80 Tagelöhne, à 11,3 gr	30	4	—
		Latus..	536	15	5

Nr der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ℛ	gr	₰
		Transport..	536	15	5
25	—	Für contractlich übernommene Reinigung der Pflasterbahn und Gossen auf der 185 Ruthen (864^{m},5) langen Abtheilung in Linden beträgt der chausseebauseitige Beitrag	50	-	-
26	1938	lfde. Ruthen (9056^{m},3) 30 Fuss breite Doppelbahn und 20 Fuss (5^{m},84) breite Steinschlagbahn vom Lindener Weghause bis an das Ende dieser Abtheilung im Laufe des Jahres 5 Mal abzuschlämmen und den abgezogenen Schlamm auf die Seite zu bringen, pro lfde. Ruthe 2,5 gr (0,535 gr pro lfd. Meter)........................	161	15	—
27	200	lfde. Ruthen (934^{m},6) Gräben in verschiedenen Feldmarken auszuheben, pro lfde. Ruthe 2,5 gr (0,535 gr pro lfd. Meter)	16	20	—
28	—	Für das Aufladen des Chaussee-Schlammes auf der Hannover-Casseler Chaussee zur Verbesserung des Sommerweges am Tönniesberge, für das Planiren desselben am Verbrauchsorte sind zu setzen 90 Tagelöhne, à 10 gr	30	—	—
29	—	Für das Aufladen des wegbauseitig abzufahrenden und zum Theil des unentgeltlich abgeholt werdenden Chaussee-Schlammes wird wieder der gewöhnliche Ansatz gemacht, im Betrage von..	30	—	—
30	7	Faden (178^{mc},6) zerschlagene Ronnenberger Steine zu verbauen, à 2 ℛ (2,35 gr pro Cub.-Meter)...	14	—	—
31	9 3/4	Faden (236^{mc},00) Steinschlag zu den Decken zu sieben, pro Faden 4 ℛ 8 gr (5,02 gr pro Cub.-Meter)	39	14	—
32	9 1/4	Faden (236^{mc},00) zu den Decken ausgesiebten Steinschlag zu verbauen, à 2 ℛ (2,35 gr pro Cub.-Meter)	18	15	—
33	12 5/64	Faden (308^{mc},24) Steinschlag auszuharken, zu reinigen und denselben nach gehöriger Bearbeitung der Steinschlagbahn in kleinen Flickereien zu verbauen, auch bei und nach dem Walzen bis zur völligen Bindung die nöthigen Handarbeiten zu verrichten, à 6 1/2 ℛ (7,64 gr pro Cub.-Meter)	83	8	4
34	12	Tage mit 2 Walzen die 200 Ruthen (934^{m},6) Decken zu walzen, kosten an Arbeitslöhnen pro Tag 2 2/3 ℛ	32	—	—
35	12	Tage mit einer Walze die Ausbesserungen zu walzen, à Tag nur 6 Arbeiter, à 10 gr = 2 ℛ....	24	—	—
		Latus..	1035	27	9

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ℛ	gr	₰
		Transport..	1035	27	9
36	15	Tage den zu walzenden Steinschlag behuf Beförderung seiner Dichtung anzunässen, kostet an Arbeitslöhnen pro Tag 1⅓ ℛ	20	—	—
37	100	Kasten (40^{mc},00) Bindegrand vor dem Verbauen zu sieben, à 6 ₰ (15 ₰ pro Cub.-Meter)......	2	—	—
38	2177½	lfde. Ruthen (10175^{m},5) Chaussee nach starkem Schneefall aufzuräumen, kostet nach mehrjähriger Erfahrung pro lfde. Ruthe 4 ₰ (0,856 ₰ pro Meter)......	29	1	—
39	2177½	Ruthen (10175^{m},5) lang die ganze Chaussee-Abtheilung während des Jahres in Ordnung zu erhalten, alle Bestandtheile derselben gehörig zu warten, Brücken, Canäle und Gräben stets offen zu halten, Fuss- und Sommerwege zu entgrasen, zu planiren, im richtigen Querprofile zu erhalten und mit Grand auszubessern, Wegepolizei und Weggeld-Controle auszuüben etc., kosten pro lfde. Ruthe 2,5 gr (0,535 gr pro Meter)......	181	13	8
		Summa..	1268	12	7
		Davon ab: der Werth einer 11 monatlichen Wärterleistung (mit 11 × 7) = ...	77	—	—
		Bleiben..	1191	12	7
		D. Steinsetzerarbeiten.			
40	32	□ Ruthen (698,9 □ Meter) altes Pflaster von der v. Alten'schen Mauerecke bis zum Weghause in Linden umzulegen, kostet pro lfde. Ruthe 3½ ℛ (22,5 gr pro lfd. Meter)	112	—	—
41	42½	lfde. Ruthen (198^{m},6) 24 bis 56 Fuss (7^{m} — 16^{m},35) breite Pflasterbahn vom Calenberger Thore bis über die Ihmebrücke erfordern eine bedeutende Ausbesserung, wofür anzusetzen sind pro lfde. Ruthe 15 gr (3,21 gr pro Meter)	21	7	5
42	200	lfde. Ruthen (934^{m},6) 24 bis 36 füssige (5^{m},84 — 10^{m},5) Pflasterbahn in Linden, welche auf der mit alten Steinen neu gepflasterten Strecke oben in Linden im verflossenen Winter stark gelitten hat, erfordern zur Ausbesserung pro lfde. Ruthe 10 gr (2,14 gr pro lfd. Meter)......	66	20	—
		Latus..	199	27	5

Nr. der Positionen.	Vordersätze.	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ℛ𝓉	gr	₰
		Transport..	199	27	5
43	350½	lfde. Ruthen ($1637^{\mathrm{m}},9$) 18 Fuss ($5^{\mathrm{m}},26$) breite Pflasterbahn vom Lindener Weghause bis auf den Tönniesberg auszubessern, à 2,5 gr (0,535 gr pro lfd. Meter)......	29	6	3
44	54	Ruthen ($252^{\mathrm{m}},3$) lang in Empelde zwischen Nr. 28 und 32 behuf Verbesserung des Wasserabzuges eine 2½ Fuss ($0^{\mathrm{m}},73$) breite und 3 Zoll ($7,3^{\mathrm{cent}}$) tiefe Gosse von gut bearbeiteten Pflastersteinen vom Deister anzulegen, kostet incl. Anlieferung des Materials und Herstellung der Pflasterbettung pro lfde. Ruthe 2 ℛ𝓉 (12,84 gr pro lfd. Meter)	108	—	—
		Summa..	337	3	8
		E. Walzungen.			
45	200	lfde. Ruthen ($934^{\mathrm{m}},6$) 12 Fuss breite Hartsteindecke festzuwalzen, pro lfde. Ruthe durchschnittlich 20 gr (4,28 gr pro lfd. Meter)...............	133	10	—
46	12	Tage die Ausbesserungen festzuwalzen, à 6 ℛ𝓉...	72	—	—
47	15	Tage behuf Annässung des Steinschlags Wasser anzufahren, incl. Anleihung der Wassertonne pro Tag 2½ ℛ𝓉..........................	37	15	—
		Summa..	242	25	—
		F. Brücken und Canäle.			
48	63	grosse und kleine Brücken erfordern zu ihrer Unterhaltung pro Stück 5 gr..................	10	15	—
		Summa..	per	se	—
		G. Weghäuser sammt Zubehör.			
49	—	Für das Weissen des Weghauses zu Linden, Reinigen der Schornsteine, Oefen etc............	4	—	—
50	—	Für Unterhaltung der Gartenhecke daselbst.....	1	—	—
51	—	Für Reparaturen am Schlagbaume............	1	—	—
52	—	Für nothwendige Fenster-Reparaturen..........	1	15	—
53	—	Für das contractliche Weissen der inneren Wohnräume des Weghauses zu Everloh, Reinigen der Schornsteine, Oefen etc.....................	4	—	—
54	—	Für kleine Reparaturen am Schlagbaume noch...	1	—	—
		Latus..	12	15	—

Nr. der Positionen	Vorderstäze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ₰	gr	₰
		Transport..	12	15	—
55	5	neue Warnungspfähle mit Tafeln an der Nebenbahn der Nenndorfer Chaussee, 2 wegen Fahrens auf dem Fusswege, 2 wegen Fahrens auf der Nebenbahn und 1 wegen Umfahrens des Lindener Weghauses, unter Benutzung des noch brauchbaren alten Materials zu erneuern, incl. Oelaustrich und Schrift, à 4 ₰..................	20	—	—
56	—	Den Handweiser am Abzweigungspunkte der Hamelner Chaussee desgl........................	6	10	—
		Summa..	38	25	—
		H. Befriedigungen: Nichts.			
		I. Meilen- und Nummersteine.			
57	6	Stück neue Nummersteine anzufertigen und zu setzen, à 20 gr........................	4	—	—
		Summa..	per	se	—
		K. Baumpflanzungen.			
58	80	Stück abgebrochene Aepfelbäume zu ergänzen, à 15 gr....................................	40	—	—
59	2	Schock starke Baumstangen, à 5 ₰............	10	—	—
60	400	Stück grosse Aepfelbäume zu beschneiden, à 6 ₰.	8	—	—
61	1849	Bäume (1809 Obstbäume und 40 canadische Pappeln) während des ganzen Jahres zu warten, anzukalken, von Raupen zu reinigen etc., kostet pro 100 Bäume 1 ₰	18	15	—
		Summa..	76	15	—
		L. Geräthschaften.			
		An neuen Geräthschaften sind erforderlich:			
62	3	neue Karren, à $3^2/_3$ ₰	11	—	—
63	6	Harken, à 17,5 gr	3	15	—
64	6	Schlammkratzen, à 18 gr	3	18	—
65	8	Schaufeln, à 20 gr.	5	10	—
66	2	Steinsiebe à 24 ₰	48	—	—
67	14	Mollen, à 12,5 gr	5	25	—
68	1	Pumpe zum Füllen der Wassertonnen	32	—	—
69	—	Für Unterhaltung dieser und der bereits vorhandenen Geräthe, pro 100 Ruthen dieser $2177^1/_2$ Ruthen (10175m,5) langen Abtheilung $1^1/_2$ ₰ (3 ₰ 6,3 gr pro Kilometer)	32	24	9
		Summa..	142	2	9

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ₰	gr	₰
		M. Entschädigungen.			
70	—	Nach Ablösung der, an den Justizrath von Lenthe zu Lenthe seither gezahlten Entschädigung für das Steinbruchs-Areal bei Northen, bleibt noch (an den Gutsbesitzer von Hugo zu Northen) eine Entschädigung zu leisten von ...	8	26	7
71	—	Ganzjährige Miethe für ein Geräthe-Local an den Wärter Blume zu Northen ...	3	—	—
		Summa.	11	26	7
		N. Insgemein.			
72	—	Für Kalk zum Bezeichnen der abgenommenen Steine und Ankalken der Bäume ...	3	—	—
73	—	Für das Oeffnen und Schliessen des Schlagbaumes vor dem alten Wege von Linden nach Bornum.	6	—	—
74	150	Stück Grenzsteine zur Bezeichnung der Seitengrenzen der Chaussee in verschiedenen Feldmarken, à 5 *gr* ...	25	—	—
75	—	Für unvorherzusehende Arbeiten und Leistungen u. s. w. ist $^1/_4$ Proc. der ganzen Anschlagsumme zu setzen ...	15	14	6
		Summa..	49	14	6

Recapitulation.

		₰	gr	₰
A.	Material-Gewinnung	441	—	—
B.	Material-Anlieferung und Fuhren	2997	9	3
C.	Handarbeiten	1191	12	7
D.	Steinsetzerarbeiten	337	3	8
E.	Walzungen	242	25	—
F.	Brücken und Canäle	10	15	—
G.	Weghäuser sammt Zubehör	38	25	—
H.	Befriedigungen	—	—	—
I.	Meilen- und Nummersteine	4	—	—
K.	Baumpflanzungen	76	15	—
L.	Geräthschaften	142	2	9
M.	Entschädigungen	11	26	7
N.	Insgemein	49	14	6
	Total..	5543	—	—

Aufgestellt:

N. . . . . den . . ten 18

N. N.

Revidirt:

N. N.

Amt oder Magistrat N. N. *Neubau* 18
Wegbau-Inspection N. N.

IV.

Anschlag

der

erforderlichen Neubaukosten für die Chaussee (Landstrasse Nr. . . .) (den Gemeindeweg) von . . . . . nach (auf) . . . . . in der Abtheilung von . . . . . bis . . . . .

Hierzu gehören ein Grundriss etc. . . . Stück Enteignungs-Verzeichnisse und . . . Stück Special-Anschläge.

Vorbericht.

1) Die Länge der Weglinie beträgt:

a.	an kunstmässig regulirten Dämmen mit Steinbahn von 0 bis 40 = ...	800	Ruthen	(3^{km},74),
b.	dergleichen ohne Steinbahn von 40 bis 63 = . . .	460	„	(2^{km},15),
c.	an noch nicht im Plano hergestellten Strecken von 63 bis 78 = ...	300	„	(1^{km},40),
	Zusammen. .	1560	Ruthen	(7^{km},29).
	Davon ab die anderen Verpflichteten obliegenden Strecken von . . . bis . . . Ruthen.			
	bleiben. .	1560	Ruthen	(7^{km},29),

oder . . . Meilen 1560 Ruthen (7^{km},29), wovon die sub 1) c. aufgeführten 300 Ruthen (1^{km},40) für die folgende Veranschlagung in Betracht kommen.

2) Technische Beschreibung und Erläuterung der beabsichtigten Anlagen.

Planums- und Erdarbeiten.

Anzuführen: der Reihenfolge nach, die verschiedenen Neigungen und ihre Längen: die Eintheilung der Kronenbreite nach den Abmessungen für Steinbahn, Sommer- und Fussweg, bei etwaiger verschiedener Eintheilung unter Angabe der Strecken und deren Länge; Sohlenbreite, Tiefe und Böschungsverhältniss der Gräben; wo letztere fehlen, das Verhältniss der Böschungen allein; die Beschaffenheit des Baugrundes, soweit sie auf die Anlagen und deren Kosten einwirkt, nöthigenfalls nach den verschiedenartigen Längenabschnitten.

Steinbahn.

Sie enthält:

a. 16 Fuss ($4^m,67$) breite Steinschlagbahn mit Borden aus Sandstein vom Teufelsberge, einem Grundbau aus Muschelkalk vom Krähenstein und einer Decklage aus Basalt von Bramburg aus 63 bis 68 = 100 Ruthen ($467^m,3$),

b. 16 Fuss ($4^m,67$) breites Reihenpflaster aus Bramburger Basalt von 68 bis 73 .... = 100 „ ($467^m,3$),

c. 12 Fuss ($3^m,51$) breite Klinkerbahn von 73 bis 78 = 100 „ ($467^m,3$),

= 300 Ruthen ($1401^m,9$).

Ausserdem anzuführen: etwaige besondere Verhältnisse der Material-Bezugsquellen oder bauliche Verfahrungsarten, welche nicht aus den Anschlagspositionen ersichtlich sind und für die Beurtheilung Werth und Interesse haben.

Zubehörungen.

Anzuführen: die unter Zubehörungen zu befassenden Werke, nämlich die Wasserleitungsbauten, Futtermauern, Befriedigungen, Anpflanzungen, Abtheilungszeichen und Wegweiser, sowie die Gebäude, jede der vorstehenden Anlagen für sich, in der der Benennung des Weges entsprechenden Reihenfolge, unter Angabe der Hauptdimensionen; übrigens nur insoweit sie von grösserer Bedeutung sind und zu allgemeinen, die einzelnen Positionen abkürzenden Bemerkungen Anlass geben.

Nr. der Positionen.	Vordersätze.	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ℛ	gr	₰
		A. Enteignung.			
1		Für abzutretende Vermögensgegenstände in der Feldmark N. N. nach anliegendem Verzeichnisse.	180	—	—
2		Dessgl. in der Feldmark N. N. dessgl.	246	—	—
3		Zur Abrundung	4	—	—
		Summa..	430	—	—
		B. Planums- und Erdarbeiten.			
4	80	Schachtruthen ($510^{cbm},1$) leichten Lehmboden im Anschnitte zwischen 10 und 12 des Längenprofils zur Bildung des Planums bergwärts zu gewinnen, thalwärts zu transportiren, schichtweise aufzuschütten und zu stampfen, à 18 gr (à $2,822$ gr pro Cub.-Meter)........................	38	—	—
		Latus..	38	—	—

Nr. der Positionen.	Vordersätze.	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. Thlr	gr	₰
		Transport..	38	—	—
5	90	Schachtruthen (574^{mc},2) festen trockenen Thon im Einschnitte zwischen 0 und 2 zu gewinnen, nach Station 6 bis 7 im Mittel auf 50 Ruthen (841^{m}) zu transportiren, dessgl. à 40 gr (à 6,27 gr pro Cub.-Meter)	120	—	—
6	180	laufende Ruthen (841^{m}) Planum in Ackererde und Sandboden zwischen 12 und 30 des Längenprofils mittelst Ausgleichung der Furchen und geringer Unebenheiten, Beseitigung von Hecken und Wällen etc. zu bilden, à 1 Thlr 14 gr (à 9,1 gr pro Cub.-Meter)	264	—	—
7	70	laufende Ruthen (327^{m}) zwischen 2 und 4 und zwischen 7 und 10 des Längenprofils, für profilmässige Grabenziehung, Böschungsbearbeitung und Nachregulirung des Sommer- und Fussweges, **à 22 gr 5 ₰ (à 4,82 gr pro laufenden Meter)....**	52	15	—
		1 laufende Ruthe (4^{m},67) muldenförmige Grabenpflasterung, 4 Fuss (1^{m},17) breit, kostet: 2½ Kasten (1^{mc},0) grössere lagerhafte Bruchsteine von . . . frei Bauplatz, à 22 gr 5 ₰ (1 Thlr 26 gr 3 ₰ pro Cub.-Meter) .... 1 Thlr 26 gr 3 ₰			
		¼ □ Ruthe (4,6 □ Meter) hochkantiges Pflaster in gutem Verband, die einzelnen Steine lothrecht, beziehungsweise normal zur Muldencurve und dicht schliessend **herzustellen, à 2 Thlr (à 2,75 gr pro** □ Meter) .... — „ 15 „ – „			
		Die Fugen des Pflasters mit zerhackten Queckenwurzeln auszustopfen und für Nachregulirung, pro laufende Ruthe (8,6 ₰ pro laufenden Meter) .... — „ 4 „ — „			
		Summa.. 2 Thlr 15 gr 3 ₰			
8	20	lfde. Ruthen (93^{m},5) Grabensohle zwischen 10 und 12 des Längenprofils in obiger Weise zu befestigen, à 2 Thlr 15 gr 3 ₰ (à 16,1 gr pro laufenden Meter)	50	6	—
		Latus..	524	21	—

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. Thlr	gr	₰
		Transport..	524	21	–
9	10	laufende Ruthen Böschungen, etwa 10 □ Ruthen (218,4 □ Meter) zwischen 6 und 7 des Längenprofils, 4 Zoll (9,7$^{cent.}$) hoch mit Dammerde zu bekleiden und zu besamen, à 14 gr 5 ₰ (à 3,1 gr pro laufenden Meter)........................	4	25	–
10		Zur Abrundung........................	–	14	–
		Summa..	530	–	–
		C. Steinbahn. Es sind erforderlich für: a 100 lfde Ruthen (467^{m},3) 16 Fuss (4^{m},67) breite, 10 Zoll (24,1$^{cent.}$) starke Steinschlagbahn zu den Borden, à 2 Kasten (0^{mc},13 pro Meter) 200 Kasten (79^{mc},70) zum Grundbau, à 10 Kasten (2^{mc},13 pro Meter).. 1000 „ (398^{mc},70) zur Decklage, à 8 Kasten (1^{mc},72 pro Meter)..... 800 „ (318^{mc},90) = 2000 Kasten (797^{mc},30) b. 100 lfde. Ruthen (467^{m},3) 16 Fuss (4^{m},67) breites Reihenpflaster: zu den Borden, à 2½ Kasten (0^{mc},53 pro Meter) 250 Kasten (99^{mc},70) zum Pflaster, à 9 Kasten (1^{mc},93 pro Meter)...... 900 „ (358^{mc},80) = 1150 Kasten (458^{mc},50) c. 100 lfde. Ruthen (467^{m},3) 12 Fuss (3^{m},5) breites Klinkerpflaster: zu den Borden 12000 St. Klinker (25,7 pr. lfdn. Mtr.) zum Pflaster, à 1200... = 120000 „ „ (257 „ „ „) = 132 Mille.			
11	200	Kasten (79^{mc},7) Kantensteine zu den Borden der Steinschlagbahn zu gewinnen, à 7 gr 5 – (à 18,8 gr pro Cub.-Meter), zwischen 63 und 68 des Längenprofils auf 1800 Ruthen (8411^{m}) mittlere Entfernung anzufahren, à 13 gr (32,6 gr pro Cub.-Meter) und, dem Bedarf entsprechend, nach einzelnen Kasten aufzusetzen, à 6 ₰ (15 ₰ pro Cub.-Meter), im Ganzen à 21 gr 1 ₰ (à 52,9 gr pro Cub.-Meter)..............................	140	20	–
		Latus..	140	20	–

Nr. der Positionen.	Vordersätze.	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. Thlr	gr	₰
		Transport..	140	20	—
12	800	Kasten (319^{mc}) Bruchsteine zum Grundbau der Steinschlagbahn zu gewinnen, à 4 gr (10 gr pro Cub.-Meter), zwischen 63 und 68 des Längenprofils auf 3200 Ruthen (15 Kilom.) mittlere Entfernung anzufahren, à 21 gr (52,7 gr pro Cub.-Meter) und in fortlaufender Mauer 4 Fuss ($1^{m},17$) breit, 2 Fuss ($0^{m},58$) hoch auf den Sommerweg zu setzen, à 6 ₰ (15 ₰ pro Cub.-Meter), im Ganzen à 25 gr 6 ₰ (à 64,2 gr pro Cub.-Meter)....	682	20	—
13	200	Kasten ($79^{mc},7$) Bruchsteine dessgl., à 4 gr (10 gr pro Cub.-Meter), zwischen 63 und 68 des Längenprofils auf 3600 Ruthen (16,8 Kilom.) dessgl., à 23 gr 6 ₰ (59,2 gr pro Cub.-Meter), incl. Aufsetzen; im Ganzen à 27 gr 6 ₰ (69,2 gr pro Cub.-Meter)	184	—	—
14	800	Kasten (319^{mc}) Basalt zur Decklage der Steinschlagbahn zu gewinnen, à 3 gr 8 ₰ (9½ gr pro Cub.-Meter), zwischen 63 und 68 des Längenprofils auf 4700 Ruthen (22 Kilom.) mittlere Entfernung anzufahren, à 30 gr (75,2 gr pro Cub.-Meter) und in fortlaufender Mauer 4 Fuss ($1^{m},17$) breit, 2 Fuss ($0^{m},58$) hoch auf dem Fusswege aufzusetzen, à 6 ₰ (15 ₰ pro Cub.-Meter), im Ganzen à 34 gr 4 ₰ (86,25 gr pro Cub.-Meter).	917	10	—
15	250	Kasten ($99^{mc},68$) Sandsteine zu den Borden des Reihenpflasters zu gewinnen, à 7 gr 5 ₰ (18,8 gr pro Cub.-Meter), zwischen 68 und 73 des Längenprofils auf 1800 Ruthen (8,4 Kilom.) mittlere Entfernung anzufahren, à 13 gr (32,6 gr pro Cub.-Meter) und, dem Bedarf entsprechend, nach einzelnen Kasten aufzusetzen, à 6 ₰ (15 ₰ pro Cub.-Meter), im Ganzen à 21 gr 1 ₰ (52,9 gr pro Cub.-Meter)..........	175	25	—
16	900	Kasten ($358^{mc},87$) gut bearbeitete Pflastersteine von 4 bis 6 Zoll (9,72 bis $14,58^{cent.}$) Breite, 5 bis 8 Zoll (12,15 bis $19,44^{cent.}$) Länge im Kopfe und 7 bis 8 Zoll (17,01 bis $19,44^{cent.}$) Höhe, von der Bramburg bei Adelebsen zu gewinnen, à 8 gr (20,06 gr pro Cub.-Meter), zu bearbeiten, à 16 gr			
		Latus..	2100	15	—

Nr. der Positionen.	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ℛ	gr	₰
		Transport..	2100	15	—
		(40,13 gr pro Cub.-Meter), zwischen 68 und 73 auf 4800 Ruthen (22,13 Kilom.) Entfernung anzufahren, à 29 gr (72,71 gr pro Cub.-Meter) und aufzuruthen à 6 ₰ (15 ₰ pro Cub.-Meter); zusammen à 53 gr 6 ₰ (134,13 gr pro Cub.-Meter) ...	1608	—	—
17	132	Tausend Klinker anzuliefern, zu sortiren und aufzusetzen, à 11 ℛ 8 gr	1487	6	—
18	100	laufende Ruthen (467m,3) der Steinschlagbahn, den 16 Fuss breiten, unten wagerechten (nach einem Kreis-Segmente von 2 Zoll (4,86cent.) Pfeil bombirten) Erdkasten auszuheben, à 10 gr (2,11 gr pro lfdn. Meter), die Borde zu ziehen (und, wo es nöthig, zu unterbetten), à 7 gr 5 ₰ (1,59 gr pro lfdn. Meter), den Grundbau zu setzen, zu verzwicken und von oben hinreichend zu zerschlagen, à 15 gr (3,21 gr), so wie das Deckmaterial aufzubringen, à 8 gr (1,71 gr); im Ganzen 1 ℛ 10 gr 5 ₰ (8,65 gr pro Cub.-Meter)............	135	—	—
19	100	□ Ruthen (2184 □ Meter) = 100 laufende Ruthen der Steinschlagbahn nach einem Kreis-Segmente von 4 Zoll (9,72cent.) Pfeil und näherer Vorschrift völlig bindend und geglättet einzuwalzen; für Bespannung der Walze, Wasserzufuhr, Auftragen und Vertheilen des Bindematerials und für alle sonstigen Nebenkosten, à 30 gr (6,42 gr pro lfdn. Meter)............................	100	—	—
20	100	laufende Ruthen (467m,3) des Reihenpflasters den 16 Fuss (4m,67) breiten Erdkasten 14 Zoll (34cent.) tief auszuheben, à 15 gr (3,2 gr pro lfdn. Meter) und den Sand von ... zur Unterbettung auf 100 Ruthen (467m,3) mittlere Entfernung anzuliefern und 10 Zoll (24,3cent.) hoch einzubringen, à 1 ℛ 8 gr (à 8,1 gr pro Meter); im Ganzen à 1 ℛ 23 gr (à 11,31 gr pro Meter)	176	20	—
21	100	□ Ruthen (2184 □ Meter) = 100 laufende Ruthen (467m,3) Reihenpflaster zu legen, einzuspülen, abzurammen und zu bedecken, incl. des Planirens und Stampfens des Bettungsmaterials, sowie incl. aller Geräthe und Handreichungen, à 3 ℛ 10 gr (21,4 gr pro lfdn. Meter)......................	333	10	—
		Latus..	5940	21	—

Nr. der Positionen	Vordersätze	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. Thlr	gr	₰
		Transport..	5940	21	—
22	100	laufende Ruthen (467m,3) der Klinkerbahn den 12 Fuss (3m,56) breiten Erdkasten 18 Zoll (44cent.) tief auszuheben, à 15 gr (3,2 gr pro Meter), den Sand zur Unterbettung auf 150 Ruthen (700 Meter) Entfernung anzuliefern und 14 Zoll (34cent.) hoch einzubringen, einzuschlämmen und genau nach der Wölbung der Bahn mittelst der Schablone auszugleichen, à 1 Thlr 22 gr (11,1 gr pro lfdn. Meter), zusammen 2 Thlr 7 gr (14,31 gr pro lfdn. Meter)................	223	10	—
23	132	Tausend Klinker zu setzen und mit Sand einzuschlämmen, à 25 gr..................	110	—	—
24	300	laufende Ruthen (1401m,0) Strasse nach Vollendung der Steinbahnarbeiten aufzuräumen und nachzureguliren, à 8 gr (1,71 gr pro lfdn. Meter)	80	—	—
25	—	Zur Abrundung	5	29	—
		Summa..	6360	—	—
		D. Zubehörungen			
26	—	Für die 10 Fuss breite Brücke (massiv) über den Schorlbach, nach beigefügtem Specialanschlage	350	—	—
27	2	Stück kleinere Brücken, resp. bei Nr. 7 und 18 des Längenprofils, von 3 Fuss (0m,94) lichter Weite durch die ganze Breite des Planums, dessgl. à 48 Thlr..................	96	—	—
28	2	Stück Durchlässe, 1½ Fuss (0m,48) im Lichten weit, 16 Fuss (4m,67) lang unter Seitenabfahrten, dessgl. à 45 Thlr..................	90	—	—
		Ein fertig gepflanzter Apfelstamm erfordert: a. den Stamm aus der Baumschule, 7½ Fuss hoch, ¾ Zoll unter der Krone im Durchmesser dick, frei Pflanzstelle anzuliefern 10 gr — ₰ b. für eine 12 Fuss lange, oben 2½ Zoll im Durchmesser starke tannene vorschriftmässig aptirte Stange, dessgl. .... 2 „ — „ c. die Baumgrube aufzuwerfen, den Boden zu bereiten und wieder einzubringen .... 1 „ 5 „			
		Latus.. 13 gr 5 ₰	536	—	—

Nr. der Positionen.	Vordersätze.	Gegenstände der Veranschlagung.	Geld-Betrag. ₰	gr	₰
		Transport . 13 gr 5 ₰	536	—	—
		d. für Pflanzen, Beschnitt, Anbinden, Regulirung der Baumscheibe und Umzäunung mit Dornen......... 1 „ 5 „			
		= 15 gr — ₰			
		Daher:			
29	300	Stück Apfelstämme zwischen 0 und 20 des Längenprofils in Abständen von je 2 Ruthen auf beiden Seiten des Weges zu setzen, à 15 gr....	150	—	—
30	—	Zur Abrundung	—	—	—
		Summa..	686	—	—
		E. Insgemein.			
31		Für Vermessung und Kartirung des Weges, soweit solche nicht von angestellten Baubeamten zu besorgen	4	—	—
32	—	Für Zeichen- und Schreibmaterial	3	—	—
33	12	Stück Hohlkarren, à 3 ₰ 10 gr mit Beschlag	40	—	—
34	10	Stück tannene Laufdielen, 20 Fuss lang, 10 Zoll breit und 2 Zoll dick, à 22 gr........	7	10	—
35	8	Kreuzhacken, à 1 ₰	8	—	—
36	—	Für Unterhaltung der neuen und vorhandenen Geräthe und Completirung der letzteren, pro laufende Ruthe 4 gr, für 300 Ruthen also (für 1402m à 0,856 gr).	40	—	—
37	9	Monatslöhne für 1 Hülfsaufseher, à 14 ₰........	126	—	—
38	15	laufende Ruthen (70m,00) eines Interimsweges zwischen 7 und 9 des Längenprofils, incl. Landmiethe, Unterhaltungskosten während des Baues und Wiederaufnahme	80	—	—
39	—	Für interimistische Vorrichtungen zu localer Absperrung des Weges, sowie zur Sicherung der Passage mit Nachtwache und Laterne	25	—	—
40	—	Procentgelder des Rendanten, 1 Proc.	85	—	—
41	—	Für sonstige kleinere oder nicht vorherzusehende Ausgaben und zur Abrundung nach dem Verhältniss von 1 Proc. der obigen Kosten	85	20	—
		Summa..	504	—	—

Recapitulation.

		Thl.	gr	pf
A.	Enteignung	430	—	—
B.	Planums- und Erdarbeiten	530	—	—
C.	Steinbahn	6360	—	—
D.	Zubehörungen	686	—	—
E.	Insgemein	504	—	—
	Total..	8510	—	—

Aufgestellt N . . . den ten 18

Unterschrift des Aufstellers.

Bezeugung und Unterschrift des

Wegbaumeisters. Inspectors.

V.

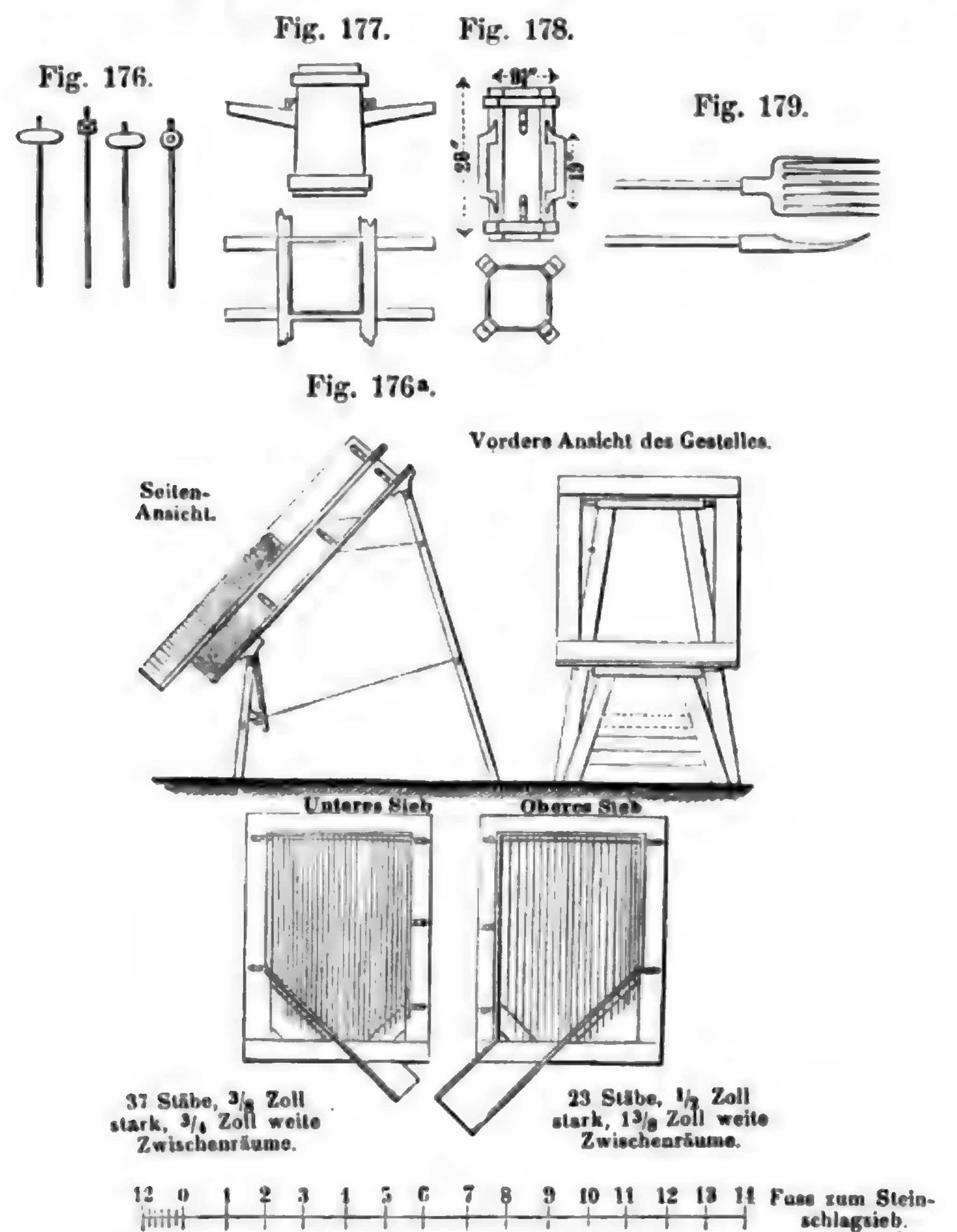
Geräthe.

Geräthe zu Erdarbeiten: Karren, Handwagen, Schaufel, Spitzhacke, Breithacke, Kreuzhacke, Keile zum Abspalten der Erde, Schlägel dazu, Laufdielen, Maassstäbe, Visirstäbe oder Baaken, Wiegetafeln oder Visirkrücken, Grund- oder Böschungs- auch Bergwage, Stampfen, Tracirleinen, Grabenschablonen, Rasenschnitzer, Rasenmesser u. s. w.

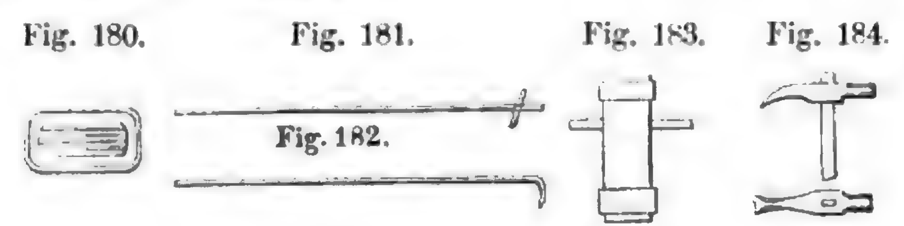
Zur Gewinnung des Materials: Grosse Hämmer (18 bis 20 Pfund), Visitirnadel, Spaltzeug, Bohrzeug, Brechstange oder Kuhfuss, Schleifen, Steinkarren etc.

Zur Zubereitung des Materials: Grosse Hämmer, kleine oder Handhämmer (8 bis 10 Pfund) mit zwei Bahnen, Hämmer zum Steinschlagen (Fig. 176), 2 bis 4 Pfund schwer, Draht- oder Holzsiebe zum Sieben des Kieses und Sandes, Steinschlagsiebe (Fig. 176ᵃ).

Zur Anfertigung der Steinbahn und Strasse überhaupt: Schablonen zu Banketten, zur Wölbung des Erdkastens, dessgleichen der Steinbahn, meistens zum Aufsetzen auf die Bordsteine eingerichtet. Eiserne Pfähle oder Sticken (für Tracirleinen) $1/2$ Zoll Durchmesser, von Rundeisen, unten zugespitzt, oben mit Knopf. Grosse Ramme (Fig. 177), etwa 60 Pfund schwer, von Eichenholz, Arme von Birken oder Eschen, an der Unterfläche oft mit Eisen beschlagen. Dessgleichen (Fig. 178), eben so schwer. Eiserne Forken (Fig. 179) zum



Aufnehmen des Steinschlags in die Molle (Fig. 180). Die Zinken der Forke und die Stangen im Boden der Molle lassen die Splitter und Unreinigkeiten durchfallen. Die Molle dient auch als Handsieb. Hölzerne Kratzen (Fig. 181) zum Abziehen des Schlammes und des Staubes, schonen die Strasse mehr als eiserne (Fig. 182), sind aber nicht so haltbar und nehmen ohne starken Druck den Schlamm nicht so rein weg wie die eisernen Kratzen. Hand- oder Stossramme (Fig. 183), etwa 15 bis 20 Pfund schwer, unten oft mit Eisen beschlagen. Pflasterhammer, zum Setzen der Bordsteine und des Pflasters (Fig. 184). Anderweitige Geräthe im Eisenbahnbau.


Fig. 180. Fig. 181. Fig. 182. Fig. 183. Fig. 184.

Benennung

der sämmtlichen Wegbaugeräthe und Utensilien,

welche zu einem Inventarium gehören.

Actenschränke, Actenbüchsen (Kapseln, Kasten), Anschreibetafeln der Einnehmer, Arbeitshütten, Astrolabia, Aexte (Barten, Beile); **B**änke, Bauhütten, transportable; Baumleitern und Treppen, Baum- und Buschmesser, Baumsägen, Baum- und Heckenscheeren, Bergkratzen, Besetzer (Ladestöcke) zum Steinsprengen, Bohlen, Bohrer, Erd-, Hand-, Stangen- und Stein-Bohrer, Bohrhammer, Bohrlöffel, Boussole nebst Stativ, Brenneisen, Bretter und Dielen, Brunnensucher; **C**analwagen, Charrireisen, Controlirungszangen nebst Taschen; **D**ecken, Dienstsiegel der Inspection, Dienstsiegel der Weggeld-Einnehmer; **E**imer, hölzerne, lederne, Eishacken, Eisstösser, Erdwinden nebst Zubehör; **F**arbetöpfe, Feuerzeuge, Flaschenzüge; **G**eldkisten, Giesskannen oder Brausen, Grandkrücken oder Schieber, Grandwurfgitter von Holz, Grandwurfgitter mit eisernen Stangen oder Flechtwerk, Grandtragkasten; **H**acken, Breit-, Kreuz- und Spitz-Hacken; Hammer, grosse Vorschlag-, kleine Steinschlag-, Steinsetzer- und Nagel-Hammer, Schell-, Bossir- oder Putz-Hammer, Handsägen, Handschlitten, Handwagen, Harken, eiserne, grosse Grand-Harken, hölzerne, Hoheitszeichen und Schilder; **K**alkbürsten und Quäste, Kalkhacken oder Schläger, Kalkkasten, Kalklöschkasten, Kalktonnen, Karren, Erd- oder Hohl- und Stein-Karren, Karrenlichten, Tragriemen, Kasten zu Geräthschaften, Kasten zum Grand-, Erd- und Sandfahren, Keile, eiserne, Keil-Eisen

und Bleche, Ketten, Kippregeln, Kneipzangen, Kopfnägelmaasse, Körbe zum Steinablesen u. s. w., Kurbeln, eiserne; **L**agerhölzer, Latten zu Rüstungen u. s. w., Lehrbogen, Leitern, Leuchter, Linien zum Traciren u. s. w.; **M**aassstäbe, 16füssige, dessgl. 8füssige, dessgl. 4füssige, Messkasten für Steine und Grand, Messketten nebst Sticken, Messkettenstäbe, Messtisch mit Stativ, Mollen und Steintragkasten; **N**iveaux mit Fernrohr, nebst Stativ, Nivellirlatten oder Zielscheiben, Normal-Maassstäbe der Inspection; **P**fahl- und Schott-Rammen, Pflanzeisen für Stecklinge, Pflasterrammen für vier Mann, dessgl. gewöhnliche, Placat-Tafeln oder Schränke, Planirschaufeln, Probewürfel und Ringe zum Steinschlag, Pulverbüchsen und Kasten; **Q**uecksilber-Büchsen, Quecksilber-Niveaux; **R**ammräder und Trielen, Rammtaue, Räum- oder Zündnadeln, Rasenbretter, Repositorien, Richtscheite, Rinnen, hölzerne, Rüstbäume, Rüstböcke, Rüstklammern; **S**chablonen verschiedener Art, Schaufeln, eiserne, Schaufeln, hölzerne, Schemel, Schiffe und Kähne, Schlägel, Schlageisen, Schlammkratzen, Schmelzkellen, Schneepflüge, Schöpf- und Wasserwerke, Schränke, Schraubenschlüssel, Schreibpulte, Setzwaagen, Sodenmesser, Sodenstecher, Soden- oder Wallschläger, Spaten, Stampfen, Steinleitern, Steinzangen, Stempelapparat nebst Zubehör der Weggeld-Einnehmer, Stricke zum Rammen u. s. w., Stühle, Sturz- oder Wippkarren; **T**heodolit, Tische, Töpfe, eiserne, Transporteur; **V**isirkrücken oder Wallkreuze, Visirstangen oder Baaken, Vorhängeschlösser, Vorpfähle; **W**aagschalen, Walzen, eiserne Chaussee-, Walzen, steinerne Chaussee-, Warnungszeichen, Wasserwaagen, Wasserpumpen, Wegbau-Symbole (Hacke und Schaufel), Weghaus-Leuchten, Winkelhaken, Wurfschaufeln, grosse Wasser-; **Z**ollstöcke, messingene der Einnehmer.

VI.

Tabelle

über die Tragkraft des gröberen und feineren Steinschlages verschiedener Gebirgsarten.

Die Tabelle erhält die Durchschnittsergebnisse von Zerdrückungsversuchen, welche mit geschliffenen Würfeln der aufgeführten Gesteine von 1 bis 8 Cubikzoll (14,35 bis 114,79 Cub.-Centim.) Grösse unter der Presse angestellt sind. Der zehnte Theil des durchschnittlichen Gewichts, unter welchem die völlige Zerdrückung der geschliffenen Würfel eintrat, ist als die Tragkraft unregelmässig geformter Steinschlagstücke angenommen.

Nr. der Stein-gruppe.	Gesteinsart.	Kil. pro □ Centim.	Wenn bei dem unregelmässigen Steinschlage beträgt: a. die Seite der quadratisch gedachten Kopffläche				
			Zoll. 1 / Cent. 2,43	Zoll. 1¼ / Cent. 3,04	Zoll 1½ / Cent. 3,65	Zoll. 1¾ / Cent. 4,25	Zoll. 2 / Cent. 4,86
			b. also der körperliche Inhalt				
			Cub.-Zoll. 1 / Cub.-Cent 14,35	Cub.-Zoll. 2 / Cub.-Cent 28	Cub.-Zoll. 3⅜ / Cub.-Cent. 48,43	Cub.-Zoll. 5⅜ / Cub.-Cent. 76,79	Cub.-Zoll 8 / Cub.-Cent. 114,78
			so ist ihr sicherer Widerstand (Tragkraft) in Pfunden hannov.				
			℔	℔	℔	℔	℔
1	Quarzfels vom Rammelsberge bei Goslar und einige nordische Findlinge	177,20 [1])	2100 [2])	3281	4725	6431	8400
2	Basalt aus dem Göttingschen	143,46	1700	2656	3825	5206	6800
3	Quarziger Keuper-Sandstein von Aerzen, Gabbro der festesten Art von Harzburg, Portlandkalk aus den festesten Schichten des Kappenberges bei Lauenau, kieseliger Kalk vom Schafberge bei Stemmen	135,02	1600	2500	3600	4900	6400
4	Feinkörnige nordische Geschiebe, Thonquarz vom Schinkelberge bei Osnabrück, Stinkstein vom Hollenberge bei Osterode, Melaphyr aus der Gegend von Ilfeld	126,58	1500	2344	3375	4594	6000
5	Diabas vom Steinberge bei Goslar, quarzige Grauwacke aus dem Kinderthale daselbst, Thonquarz vom Hasterberge bei Osnabrück, Liaskalk vom Laubrinke daselbst	109,70	1300	2031	2951	3981	5200
6	Feinkörnige Grauwacke von Ilfeld und Rothesitte, Muschelkalk vom Hasterberge bei Osnabrück, kieseliger Kalkstein der Waldformation am Dei-						

	ster bei Hohenbostel etc., fester Portlandkalk und quarziger Hasting-Sandstein vom Rehburger Berge	101,27	1200	1875	2700	3677	4800
7	Kieseliger Portlandkalk von Glückauf, Thonporphyr vom Kuhberge bei Scharzfels, nordische Geschiebe geringerer Qualität, Thonquarz vom Högel und Hösemerberge, Muschelkalk vom Schweineberge bei Hameln	84,39	1000	1562	2250	3062	4000
8	Kulsandstein von Pagenhöhe bei Osterode, Kohlensandstein vom Piesberge bei Osnabrück, Grauwacke aus dem Gosethale bei Goslar, Muschel- und Korallenkalk verschiedener Fundorte	75,95	900	1406	2025	2756	3600
9	Grobkörnige, glimmerreiche, nordische Geschiebe, Muschelkalk von mittlerer Güte, Korallenkalk vom Osterwalde etc., jurassischer Dolomit, nicht splitteriger Kieselschiefer, fester Hasting-Sandstein	67,51	800	1250	1800	2450	3200
10	Minder guter Portland-, Korallen- und Muschelkalk, Hasting-Sandstein mittlerer Festigkeit, fester bunter Sandstein	50,66	600	937	1350	1838	2400
11	Gewöhnlicher Quader-, Hasting- und bunter Sandstein, schlechter Muschelkalk	33,75	400	625	900	1225	1600
12	Sehr weicher Sandstein	16,87	200	313	450	612	800
13	Bröckeliger Sandstein, Kalktuff	8,44	100	156	225	306	400

Anmerkung. Zur Bestimmung der Grösse der Steinstücke ermittele man die Anzahl derselben, welche ein grösseres Hohlmaass, von 1/2 bis 1 Cubikfuss Inhalt füllen, wobei dann auf die Steine die Hälfte des Raumes zu rechnen ist. Ein altes ℔ hann. = 0,4677 Kil.

1 Kil. Druck pro □ Centim. = $\frac{1}{11{,}85} \times$ ℔ hannov. Druck pro □ Zoll hann.; $\frac{100}{11{,}85} = 8{,}4388$.

[1]) Pro Quadrat-Centimeter.
[2]) Pro Quadratzoll hannov.

VII.

Hannoverscher Tarif

für jede volle Hebestelle

nach dem Gesetz vom 4. Dec. 1834

für beladenes Fracht- und beladenes ausländisches Landfuhrwerk.

(In Gutegroschen, à 1/24 Thlr., à 12 Pfennige.)

A. Bei zweirädrigen Karren.

	ggr	₰
a. Radfelgen unter 6 Zoll Breite; für jedes Zugthier:		
1) einspännig	1	4
2) zweispännig	1	5
3) dreispännig	2	—
4) vier- und mehrspännig [1]	2	4
b. mit Radfelgen von 6 bis 8 Zoll (14,58 bis 19,41 Cent.) Breite:		
5) von jedem Zugthiere	1	—
c. mit Radfelgen von 8 bis 10 Zoll (19,41 bis 24,3 Cent.) Breite:		
6) von jedem Zugthiere	—	6

B. Bei vierräderigen Wagen.

	ggr	₰
a. mit Radfelgen unter 6 Zoll Breite; von jedem Zugthiere:		
7) einspännig	1	—
8) zweispännig	1	3
9) dreispännig	1	4
10) vierspännig	1	6
11) fünf- und mehrspännig	2	—
b. mit Radfelgen von 6 bis 8 Zoll Breite:		
12) von jedem Zugthiere	1	—
c. mit Radfelgen von 8 bis 10 Zoll Breite:		
13) von jedem Zugthiere	—	6
Für unbeladene Fuhrwerke bestanden ermässigte Sätze.		
Für Pferde oder Maulthiere, nicht vorgespannt, pro Stück	—	6
Für Hornvieh, nicht vorgespannt, nicht gekoppelte Füllen, Esel	—	2

[1] Der Tarif wächst mit der Anzahl Zugthiere vor jedem Wagen, da der letztere, je mehr Pferde davor, meistens um so schwerer beladen ist, und daher auf jedes Rad mehr Belastung kommt, welche die Chaussee mehr abnutzt. Indessen ist derselbe, weil die Classification der Fuhrwerke in jedem einzelnen Falle weitläufig, in der Anwendung schwierig, und jetzt (1862) durch den unten erwähnten (provisorischen) Tarif ersetzt.

	sgr	*pf*
Für Schafe, Schweine, Ziegen, Kälber	--	1
Für einen beladenen Schiebkarren (wenn keine landwirthschaftlichen Erzeugnisse darauf).....	—	2

Der jetzige neue, übrigens nur provisorische Tarif erhebt nach Anzahl der Pferde 1 *sgr* pro Stück, gleichviel ob vor beladenem oder leerem Wagen. An vielen Stellen sind die Unterthanen an den innerhalb ihres Wohnortes belegenen Hebestellen vom Weggelde befreit.

VIII.

Einige praktische Bemerkungen über Erdarbeiten.

a. Von der Ermittelung des Tagelohnes.

Die durchschnittlichen Arbeitszeiten, welche man in Norddeutschland zu rechnen pflegt, sind in folgender Tabelle enthalten:

Datum vom	Datum bis	Arbeitszeit von Morg.	Arbeitszeit bis Abends.	Tägliche Arbeitszeit.	Abzuziehen Sonn- und Festtage.	Anzahl Tage.	bleiben Tage.	Stunden im Ganzen.
15. April	15. Sept.	5	7	14	29	163	134	1876
15. Sept.	15. Oct.	6	6	12	5	30	25	300
15. Oct.	10. Nov.	6½	5½	11	3	26	23	253
10. Nov.	15. Dec.	7	5	10	5	35	30	300
15. Dec.	1. Febr.	7½	4½	9	10	48	38	342
1. Febr.	15. Febr.	7	5	10	2	14	12	100
15. Febr.	20. März	6½	5½	11	5	33	28	308
20. März	15. April	6	6	12	6	16	10	120
					65	365	300	3619.

Von diesen 3619 Stunden Arbeitszeit gehen noch ab:

300 Tage à 1 Stunde Mittagszeit = ... 300 Stunden,

20. März bis 15. October 169 Tage à 1 Stunde Frühstück und Vesper 169 „

15. Oct. bis 15. Dec. }
1. Febr. bis 20. März } 93 Tage à ½ Stunde Vesper .... 46,5 „

1. Febr. bis 15. Dec. 38 „ kein Frühstück u. keine Vesper 0 „

300 Tage. 515,5 Stunden,

bleiben 3103,5 Stunden oder pro Tag wirkliche Arbeitsstunden im Durchschnitt $\frac{3103{,}5}{300} = 10{,}31$ Stunden.

Rechnet man noch wenigstens 14 Tage Regen, wo gar nicht gearbeitet werden kann, so behält man im Jahre 286 Tage à 10,31 Stunden wirkliche Arbeitszeit, wofür man in der Praxis zur Sicherheit meistens nur pro Monat 20 Tage à 10 Stunden wirkliche Arbeitszeit zu setzen pflegt. Bei der Beurtheilung, welche Anzahl Arbeiter nöthig, um eine gewisse Leistung zu verrichten, ist nach dem Obigen die Jahreszeit also sorgfältig zu berücksichtigen.

Um nun die in Anschlägen anzunehmende Höhe des Tagelohnes für eine länger dauernde Arbeit zu finden, hat man für eine bestimmte Localität die Ausgaben für Kost und Logis zu ermitteln, Kleidung und kleines Geräth hinzuzusetzen und zu berücksichtigen, dass die erstgenannten Kosten bei einem grossen Zusammenflusse von Arbeitern sich erheblich steigern können. Ist dieser tägliche Bedarf des Arbeiters n, so muss er, um existiren zu können, täglich $\frac{365\ n}{286} = 1{,}28$ mal so viel an Netto-Tagesverdienst für ein Tagewerk von 10,31 Stunden Zeit erhalten. Mithin muss er während der längsten Arbeitszeit von 12 Stunden $\frac{12}{10{,}31} \cdot 1{,}28\ n = 1{,}486\ n$ verdienen, also das Netto-Tagelohn muss im Sommer etwa das $1\frac{1}{2}$fache des Betrages sein, den der Arbeiter zu seiner Existenz bedarf, und die Netto-Tagelöhne verhalten sich zu anderen Zeiten direct wie die Zahl der wirklichen Arbeitsstunden. — Hier ist also gerechnet, dass der Arbeiter im Sommer so viel mehr verdiene, um seinen geringeren Verdienst für kürzere Arbeitszeit auszugleichen und die Verluste wegen Sonn-, Fest- und Regentage zu decken. Für etwaige Ersparnisse ist noch nichts gerechnet, und bleibt nur dann etwas dazu übrig, wenn, wie es häufig der Fall ist, das angenommene n gegen den Winter hin billiger wird, weil die Zahl der Arbeiter dann meistens verringert zu werden pflegt.

Während der Ausführung stellen sich die zu zahlenden Tagelohnpreise meistens durch Nachfrage und Angebot von selbst fest. Zur Ermittelung des Werthes von n darf man indessen nur selten das auf dem Lande in barem Gelde übliche Tagelohn benutzen, da hier meistens allerlei Leistungen in Naturalien u. s. w. seitens der Arbeitgeber zugleich zu erfolgen pflegen.

Der Brutto-Verdienst des Arbeiters ergiebt nach gewissen Abzügen (Schachtmeistergeld, Vorarbeitergeld, Krankenkasse) dessen Netto-Verdienst, und muss letzterer also noch um diese Abzüge vermehrt werden. Diese Abzüge betragen nach Umständen bis zu 10 Proc. des Brutto-Verdienstes.

b. Ermittelung der Kosten der Erdarbeiten.

1) Gewinnung des Bodens (Lösen und Laden).

Man pflegt die Bodenarten in verschiedene Kategorien einzutheilen und für jede mittlere Sätze anzunehmen, indessen hängt es meistens von der Ansicht

des Ingenieurs ab, in welche Kategorie eine Bodenart zu setzen ist, so dass darin selten Uebereinstimmung vorkommen wird; noch abgesehen davon, dass manche Bodenarten, je nachdem sie feucht oder trocken, längere oder kürzere Zeit der Luft ausgesetzt u. s. w, verschiedene Arbeitsleistungen bei der Gewinnung erfordern.

Die Localität und die Lagerung bei gewissen Boden- und Gesteinsarten ist ebenfalls von Einfluss. In beengten Räumen (Stollen, Tunneln u. s. w.) kann man nicht so gut ankommen, als in Einschnitten oder Anschnitten, das Gewinnen aus Seitenentnahmen ist häufig wieder billiger, als aus Einschnitten u. s. w.

Die folgende Tabelle giebt Mittelwerthe für Tagewerke à 10 Stunden wirklicher Arbeitszeit, welche zum Lösen und Laden einer Schachtruthe von 256 Cubikfuss hannov. der verschiedenen Bodenarten etwa erforderlich sind. Der Einfachheit halber sind nur 8 Kategorien angenommen.

Tabelle der zum Lösen und Laden verschiedener Bodenarten erforderlichen Tagewerke à 10 Stunden wirklicher Arbeitszeit.

1	2	3	4	5	6	7	8
Kategorie	Bezeichnung der Bodenarten.	Tagewerke à 10 Stunden wirklicher Arbeitszeit zum Lösen pro Schachruthe hannov. 256 Cubikfuss.	zum Laden in Karren	Auflockerung. 100 Cubikfuss gewachsener Boden geben gelockerten Boden	1 Cubikfuss gelockerter Boden ist gleich Cubikfuss gewachsenem.	1 Karre von 3 Cubikfuss Luftraum fasst gewachsenen Boden.	Anzahl Karren auf die Schachtruthe gewachsenen Boden.
I.	Dammerde und reiner Sand einschliesslich eines Schaufelwurfs oder des Ladens in Hand-Karren	0,33 - 0,5	—	115 - 120	0,869 - 0,833	2,607 - 2,499	98 - 102
II.	Lehm und Thon, fester Sand oder mit Kies gemischte Erde	1,00 - 1,15	0,33	122	0,819	2,457	104
III.	Fester Thon, Mergel, Keuper, Lias	1,33 - 1,50	0,33	124	0,806	2,418	106
IV.	Thon mit Steinen gemengt	1,43 - 1,50	0,33	126	0,794	2,382	107
V.	Fester grober Kies, weiches Tagesgestein, mit der Spitzhacke zu lösen	1,50 - 1,80	0,33	128	0,781	2,343	109
VI.	Festes Gestein, welches nur mit der Spitzhacke und unter theilweiser Benutzung des Brecheisens gelöst werden kann	2,15 - 2,58	0,50	130	0,769	2,307	111
VII.	Muschelkalk, fester Thonschiefer und Gestein, welches hauptsächlich mit dem Brecheisen gelöst werden muss	2,87 - 4,30	0,50	132	0,758	2,274	113
VIII.	Felsmassen, welche nur mit Pulver gesprengt werden können	6 - 7,8	0,50	134 - 150	0,746 - 0,66	2,232 - 1,98	114 - 129

Bemerkungen ad Col. 4. Für diejenigen Bodenarten, welche nicht ohne Weiteres in das Transportgeräth gewonnen werden können, muss ein Zusatz für das ausserdem vorzunehmende Einladen in Karren gemacht werden; derselbe beträgt nach der Tabelle für I. bis V. = 0,33 Tagewerke für das Laden in Karren. Für das Einladen in Handwagen oder in Erdtransportwagen ist, weil dies unbequemer, ausserdem noch 0,14 Tagewerk zuzusetzen; im Ganzen sind dafür also 0,47 Tagewerke anzunehmen.

Für steinigen und felsigen Boden VI. bis VIII. sind ebenso 0,5 resp. 0,64 Tagewerke für das Einladen anzunehmen.

ad Col. 5. Der Boden ist in seinem natürlichen Zustande (gewachsener Boden) dichter als nach der Gewinnung (aufgelockerter, gemehrter Boden) und kommt letzterer bei der Bestimmung der auf die Schachruthe zu transportirenden Karrenzahl in Frage.

Col. 7 giebt den Inhalt einer hannoverschen Hand-Karre an gewachsenem Boden, deren Cubikinhalt, wenn man eine 8 Zoll hohe Pyramide über den Kasten aufsetzt, 3,205 Cubikfuss Luftraum beträgt, wofür man, wegen Verlustes und nicht Vollladens, 3 Cubikfuss setzen kann, und bestimmt sich hiernach in Col. 8 die durchschnittliche Anzahl Hand-Karren auf die Schachtruthe.

Für die Veranschlagung können ähnliche Tabellen wie die vorliegende genau genug benutzt werden. Für die Ausführung ermittelt man die Lockerung, resp. die Anzahl Karren pro Schachtruthe für jede Bodenart durch Probeladungen, wobei noch die Beschaffenheit des Bodens durch äussere Einflüsse sich verändern kann, z. B. von stark durchnässtem Sande kann bei starken Steigungen oder Gefällen weniger transportirt werden als auf der Horizontalen.

Das Gewinnen und der Transport werden nun so beschafft, dass bei leichtem, stechbarem Boden der Arbeiter gewinnt, ladet und transportirt. Bei schwerem Boden, Felsboden u. s. w. sind Arbeiter an der Gewinnungsstelle, welche nur das Lösen besorgen, während andere Arbeiter, mit den Transportgeräthen versehen, nur einladen und transportiren. Das Verhältniss dieser Anzahl Arbeiter zu einander hängt von der Beschaffenheit des zu gewinnenden Bodens einerseits, andererseits von der Transport-Entfernung ab.

Geräthe zum Gewinnen. Die bei den Kategorien I. und II. erforderlichen Schaufeln und Spaten gehören meistens den Arbeitern und werden ohne besondere Vergütung von ihnen gehalten. Für die übrigen Kategorien kommen noch die bauseitig anzuschaffenden Geräthe zur Gewinnung und deren Veranschlagung für Anschaffung und Unterhaltung in Frage. Für Kategorie III. bis V. können etwa 1 Proc. der Gewinnungskosten für Anschaffung und eben so viel für Unterhaltung, zusammen $1\frac{1}{2}$ bis 2 Proc. gerechnet werden. Für Kategorie VI. bis VIII. etwa $1\frac{1}{2}$ bis 2 Proc. Anschaffung und eben so viel Unterhaltung, zusammen also 3 bis höchstens 5 Proc. der Gewinnungskosten; doch sind dies nur annähernde Durchschnittssätze

2) Ermittelung des Transportpreises, Aufstellung von Transporttabellen.

Die Anzahl Karren, Handwagen u. s. w., welche auf eine Schachtruthe gehen, ist für den Transportpreis (neben der Transportweite) entscheidend, da der Arbeiter nach dem verschiedenen Gewichte der transportirten Bodenarten nicht zu fragen pflegt, und desshalb bei Accordarbeit die Karre so voll wie möglich zu laden sucht.

Bei Bodenarten ermittelt man den Transportpreis durch Probeladungen; bei Felsarten kann man auch Wägungen zu Hülfe nehmen. Ist z. B. Q das Gewicht einer Schachtruthe des gewachsenen Felsbodens (nach dem durchschnittlichen, specifischen Gewichte zu ermitteln) und L das Gewicht einer Karrenladung als Durchschnitt einer genügenden Anzahl Versuchsladungen, so gehen also $\frac{Q}{L}$ Ladungen auf die Schachtruthe. Es ist hiernach klar, dass, je mehr eine Bodenart sich auflockert (sich mehrt, sperrt), der Transport einer Schachtruthe unter sonst gleichen Umständen um so höher kommt, weil die Anzahl Karren pro Schachtruthe wächst.

25

Von 10 Stunden, welche nach Abzug der Rasten für Mittag und Vesper etc. bleiben, können für den wirklichen Transport wegen vorkommender Aufenthalte und Störungen nur 9 Stunden 35 Minuten = 575 Minuten Arbeitszeit = n gerechnet werden. Man betrachtet jetzt nur den Transport und nimmt die durchschnittliche Geschwindigkeit pro Secunde beim Karrentransport zu 3,5 Fuss oder 13,125 Ruthen hannov. pro Minute = v an. Aufenthalt bei jeder Fahrt für Anheben der Karre, Ausstürzen derselben und Wiederhinstellen zum Laden $2 \cdot \frac{5}{8} = 1\frac{1}{4}$ Minute = d, Anzahl Karren pro Schachtruthe beispielsweise = 100 = a gesetzt; dann dauert bei einer Transport-Entfernung von x Ruthen jede Fahrt $\left(\frac{2x}{13{,}125} + 1\frac{1}{4}\right)$ Minuten. Mithin können in 575 Minuten durch einen Arbeiter Fahrten gemacht werden $\frac{575}{\frac{2x}{13{,}125} + 1{,}25} = \frac{7546{,}87}{2x + 16{,}406}$ und eben so viel Karrenladungen können täglich beschafft werden.

Da nun 100 Karren auf die Schachtruthe gehen sollen, so können pro Tag an Schachtruthen transportirt werden

$$\frac{7546{,}87}{100\,(2x + 16{,}406)} = N,$$

welche ein Tagelohn kosten, was wir für 10 Stunden wirkliche Arbeitszeit z. B. zu 20 *sgr* annehmen wollen. Also kostet eine Schachtruthe $\frac{20}{N}$ *sgr* $= \frac{20 \cdot 100\,(2x + 16{,}406)}{7546{,}87}$ oder $p_{\substack{100 \\ \text{Karren}}} = (0{,}53\,x + 4{,}348)$ *sgr.*

Das erste Glied drückt die Vergütung für den Transport einer Schachtruthe, das zweite die Vergütung für den dabei vorhandenen constanten Aufenthalt aus. Man hat z. B. für $x = 5^0$, $p = 6{,}998$ *sgr* und für $x = 80^0$, $p = 46{,}748$ *sgr.*

Will man das Obige für beliebige Zahlenwerthe und Transportgeräthe allgemein darstellen, so hat man bei x Ruthen Transport die Zeit für Hin- und Rückfahrt $= \left(\frac{2x}{v} + d\right)$ Minuten, also in n Minuten pro Tag können Karren transportirt werden:

$$\frac{n}{\frac{2x}{v} + d} = \frac{v\,n}{2x + v\,d},$$

und bei a Karren auf die Schachtruthe täglich an Schachtruthen $N = \frac{v\,n}{a\,(2x + v\,d)}$.

Es kostet bei k Tagelohn eine Schachtruthe $p = \frac{k}{N}$ oder substituirt

$$p = \frac{d\,k\,(2x + v\,d)}{v\,n} = \frac{d\,k}{n}\left(\frac{2x}{v} + d\right).$$

Die Zahlenwerthe substituirt, erhält man den oben für p angegebenen Werth.

Eine Transporttabelle ist hiernach leicht zu berechnen. Rundet man etwas ab und setzt $p_{100} = 0{,}5\ x + 4{,}318$ *sgr*, und ebenso für $p_{120} = 0{,}636\ x + 5{,}2176$ *sgr* abgerundet $p_{120} = 0{,}6\ x + 5{,}2176$ *sgr* gesetzt, so hat man beispielsweise:

Transportweite Ruthen.	100 Karren pro Schachtruthe.	120 Karren pro Schachtruthe.
	Preis pro Schachtruthe in Silbergroschen.	
5	6,818	8,2176
10	9,318	11,2176
15	11,818	14,2176
20	14,318	17,2176
25	16,818	20,2176
30	19,318	23,2176
35	21,818	26,2176
40	24,318	29,2176
50	29,318	35,2176
60	34,318	41,2176
70	39,318	47,2176
80	44,318	53,2176,

welche Werthe man für den praktischen Gebrauch auf Pfennige abrundet. Der Preis ist, wie aus der allgemeinen Formel hervorgeht, direct der Anzahl Karren auf die Schachtruthe und der Höhe des Tagelohnes proportional.

Es wächst also bei 100 Karren auf die Schachtruthe für 5 Ruthen Weitertransport der Preis pro Schachtruthe um $0{,}5 \cdot 5 = 2\frac{1}{2}$ *sgr* und bei 120 Karren um $0{,}6 \cdot 5 = 3$ *sgr* pro Schachtruthe u. s. w.

3) Erforderliche Anzahl Karren.

Würde nun ein Arbeiter nur schieben, d. h. also stets am Aufladeplatze bei seiner Rückkehr eine vollgeladene Karre zum sofortigen Aufnehmen und Fortschieben wieder vorfinden, so würde die oben angegebene Anzahl Schachtruthen = N auch die sein, welche er wirklich schaffte. Indessen ist diese ältere Einrichtung jetzt nicht mehr gebräuchlich und derselbe Arbeiter ladet selbst seine Karre und schiebt sie selbst fort. Er kann desshalb täglich weniger Karren, wie oben gerechnet, wirklich transportiren, wohingegen ihm aber das Gewinnen des Bodens und das Einladen, wie wir gesehen haben, selbstredend extra bezahlt werden.

Um nun, wenn die mittlere Transport-Entfernung, nach der Entfernung der Schwerpunkte der Auf- und Abträge gemessen, gegeben ist, die Anzahl Geräthe, z. B. Karren, welche erforderlich, zu finden, so ist klar, dass diese Zahl um so grösser werden muss 1) je grösser die zu fördernde Masse; 2) je schwieriger und daher zeitraubender diese zu gewinnen ist (weil jeder Arbeiter bei seiner Karre bleibt und diese wegen länger dauernden Gewinnens für den

Transport weniger ausgenutzt wird; 3) je grösser die mittlere Entfernung und 4) je kürzer die für die Arbeit zugemessene Zeit in Tagewerken ist.

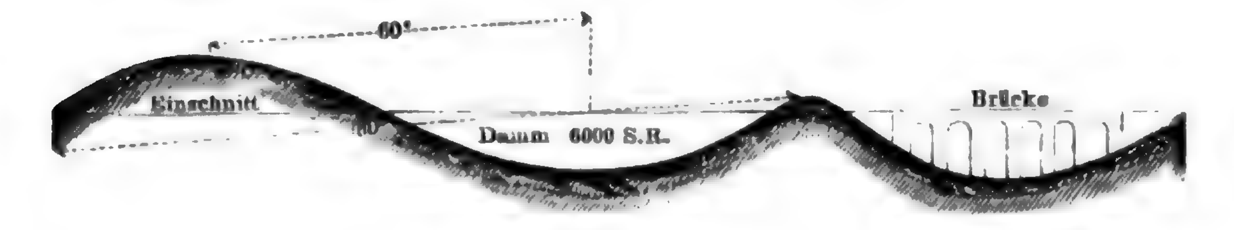
Wegen des unter 2) angegebenen Grundes wird man daher bei schwer zu gewinnenden Bodenarten eine Anzahl Arbeiter anstellen, welche nur lösen oder sprengen, und wird die Karrenschieber nur das Einladen in die Karren und den Transport besorgen lassen, um so an Karren zu sparen und die Arbeit zu regelmässigem Betriebe organisiren zu können. Das Verhältniss der Zahl der Gewinnenden zu dem der Transportirenden wird von der Schwierigkeit des Gewinnens und von der Transportweite abhängen.

Kann nun ein Arbeiter, wie vorhin ermittelt, in 10 Stunden Arbeitszeit N Schachtruthen auf x Ruthen Entfernung transportiren, so gebraucht er für eine Schachtruthe $\frac{10}{N}$ Stunden, oder den früher für N gefundenen Werth gesetzt $\frac{10\,a\,(2\,x + v\,d)}{v\,n}$ Stunden zum Transport. Beträgt nun die Zeit, welche er zum Gewinnen von einer Schachtruthe vorkommenden Bodens gebraucht, g Stunden (welche Zeit aus dem Tagelohne und einer Tabelle mit den Kosten der Gewinnung pro Schachtruthe ermittelt werden kann), so gebraucht er also zum Transport und Laden $\frac{10\,a\,(2\,x + v\,d)}{v\,n} + g = \tau$ Stunden pro Schachtruthe. Sind nun im Ganzen A Schachtruthen zu beschaffen und zwar in z Arbeitstagen à 10 Stunden wirklicher Arbeitszeit, so fördert ein Mann täglich $\frac{10}{\tau}$ Schachtruthen, also in z Tagen $\frac{10\,z}{\tau}$ Schachtruthen $=$ F; mithin um A Schachtruthen zu fördern, gebraucht man an Arbeitern $\alpha = \frac{A}{F}$, oder auch $\alpha = \frac{A\,\tau}{10\,z}$ Mann und eben so viele Karren.

Hierin den Werth von τ gesetzt, erhält man $\alpha = \frac{A}{z}\left\{\frac{a\,(2\,x + v\,d)}{v\,n} + \frac{g}{10}\right\}$, wofür man nach dem Früheren auch schreiben kann:

$$\alpha = \frac{A}{z}\left(\frac{p \text{ pro Schachtruthe}}{k \text{ Tagelohn}} + \frac{g}{10}\right) \text{ Arbeiter.}$$

Beispiel:



Es seien in einer Section 6000 Schachtruthen mittelst Karrentransportes auf eine mittlere Entfernung von $60^0 = x$ zu bewegen. Der Boden ist loser Sand,

welcher direct eingeladen werden kann und pro Schachtruthe zu gewinnen ein halbes Tagewerk, also g = 5 Stunden, erfordert und daher zu gewinnen pro Schachtruthe $^{20}/_{2}$ = 10 *sgr* kostet. Die Arbeit muss, damit rechtzeitig die Bahn zum Transport von Material nach der Brücke B vollendet sei, und damit der Damm Zeit zum Setzen habe, in 3 Monaten, à 20 Tage gerechnet, oder in 60 Arbeitstagen = Z vollendet sein.

Nach dem Früheren sind nun d = $1^1/_4$ Minute, v = $13{,}125^0$, a = 100 Karren pro Schachtruthe, u = 575 Minuten, g = 5 Stunden; also

$$\alpha = \frac{6000}{60}\left\{\frac{100\,(120 + 13{,}125\,.\,1^1/_4)}{13{,}125\,.\,575} + \frac{5}{10}\right\} = 230{,}74,$$

setze 231 Arbeiter.

Oder auch, da p nach der Preistabelle genau $(0{,}53\,x + 4{,}318)$ für 60^0 = $36{,}118$ *sgr* ist

$$\alpha = \frac{6000}{60}\left(\frac{36{,}118}{20} + 0{,}5\right) = 230{,}71 \text{ Arbeiter.}$$

Von diesen Arbeitern erhält jeder eine Karre. Rechnet man dazu für Reparatur, Transport von Rasen und zu Planirungsarbeiten noch $^1/_3$ Reserve, so erhält man im Ganzen $^4/_3$. 231 = 308 Karren.

Zur Bestimmung der Anzahl Laufdielen kann man annehmen, dass diese Arbeiter in 10 Colonnen arbeiten, da grössere Colonnen unvortheilhaft sind, wegen Zeitverlust beim Stürzen, und weil, je grösser die Colonne, um so mehr zufällige Aufenthalte und um so weniger vollgeladene Karren. — Die grösste Transport-Entfernung, für welche genügend Laufdielen vorhanden sein müssen, betrage 80 Ruthen. Dann sind für jede Colonne $\frac{80\,.\,16}{20}$ = 64 Stück Laufdielen à 20 Fuss Länge nöthig, also für 10 Colonnen 640 Stück oder rund 11 Schock à 60 Stück. Dazu Reserve, Bohlen zu Auffahrten am Ladeplatze, Strahlengleise, Stege über Gräben, für verhauene Bohlen im Ganzen die Hälfte, giebt rund 16 Schock $2^1/_2$ bis 3 Zoll starke, 9 bis 10 Zoll breite Lauf- oder Karrbohlen. Dieser Bedarf ist für die Veranschlagung sehr reichlich gegriffen, man wird in der Ausführung bei zweckmässiger Disposition vielleicht mit der Hälfte ausreichen.

Die Kosten der Ausführung stellen sich wie folgt, wenn man sich noch an überschläglich gegriffenen Preisen folgende Sätze merkt:

Für Unterhaltung und Reparatur der Transportmittel und Bohlen pro Schachtruthe mit Karren 1 *sgr*, mit Handwagen 3 *sgr*, für Schmiere pro Schachtruthe mit Handkarren 4 bis 5 *₰* (à $^1/_{10}$ *sgr*), mit Handwagen 5 bis 10 *₰*.

Genauer sollte für diese Ansätze das Product aus Schachtruthen-Zahl und mittlere Entfernung massgebend sein, doch wird der Mangel der obigen praktischen Annahme, nur die Anzahl Schachtruthen massgebend sein zu lassen, dadurch einigermassen ausgeglichen, dass bei kleinen Entfernungen die Geräthe öfter umgekippt werden, wodurch sie am meisten leiden.

6000 Schachtruthen zu gewinnen à 10 *gr*	2000	₰	—	*gr*
6000 „ auf 60° mittlere Entfernung à 36,118 *gr* .	7229	„	18	„
308 Stück Handkarren à 4 ₰	1232	„	—	„
16 Schock Laufdielen ($2\frac{1}{2}$" stark, 9 — 10" breit) à 60 ₰ .	960	„	—	„
Geräthe zum Gewinnen: Nichts.				
Für Schmiere pro Schachtruthe $\frac{1}{2}$ *gr*	100	„	—	„
Für Verbauen der Erde in den Damm, Herstellen und Legen der Bohlenbahn, pro Schachtruthe 2 *gr*	400	„	—	„
Für sonstige kleine Geräthe zu den Erdarbeiten, als Richtscheite, Setzwaagen, Baken, Tracirschnüre, Profillatten anschaffen und unterhalten 3 Proc. von 9230 ₰ setze .	280	„	—	„
Unterhaltung und Reparatur der Transportmittel, à Schachtruthe 1 *gr*	200	„	—	„
Summe rund	12402	₰	—	*gr*

also kostet die Schachtruthe 2,0[illegible] ₰.

Uebrigens ist klar, dass bei längerer Arbeitszeit man mit weniger Arbeitern resp. Geräthen ausgekonnt hätte, dass also wegen der Geräthe eine Arbeit um so theurer kommt, je schneller sie gemacht werden soll, abgesehen davon, dass oft bei Anstellung vieler Arbeiter auf einem engen Raume sich solche im Wege stehen und daher unvortheilhaft arbeiten. Man greift daher meistens die Arbeiten einer Strecke nach einander an und die schwierigsten zuerst, und sorgt dass die Arbeiten gleichzeitig vollendet werden und nicht etwa die Eröffnung der Bahn auf Vollendung einer Stelle zu warten brauche. Die Brückenbauwerke greift man frühzeitig an, weil oft Erdtransporte darüber gehen müssen; Tunnel, weil man dabei oft Zufälligkeiten ausgesetzt ist u. s. w.

Bemerkung. Statt der Formel $\alpha = \frac{A}{z}\left(\frac{\text{p pro Schachtruthe}}{\text{k Tagelohn}} + \frac{g}{10}\right)$ kann man, wenn s die Gewinnungskosten pro Schachtruthe sind (oder auch die Einladekosten, wenn andere Arbeiter gewinnen) statt $g/_{10}$ schreiben $s/_k$; denn g Stunden : s = 10 Stunden : k und man hat dann

$$\alpha = \frac{A}{z}\left(\frac{p + s}{k}\right)$$

z. B. A = 6000 Schachtruthen, z = 60 Tage, und veranschlagt sind nach Ausweis des Anschlages bei 20 *sgr* Tagelohn p + s = 46,118 *sgr*, also ist

$$\alpha = 100 \cdot \frac{46{,}118}{20} = 230{,}71 \text{ Arbeiter, wie oben gefunden.}$$

4) Veranschlagung von Erdarbeiten ganzer Sectionen.

Veranschlagt man die Erdarbeiten ganzer Sectionen betreffs des Geräthebedarfs, so ist es zu weitläufig, die einzelnen Transporte zu betrachten und die dazu erforderlichen Geräthe zu ermitteln und dann zu summiren. Man nimmt

vielmehr genau genug eine mittlere Transportweite und mittlere Arbeitszeit an. Erstere findet man, indem man jedes Quantum der einzelnen Positionen des Anschlages mit der zugehörigen mittleren Transport-Entfernung multiplicirt und durch das ganze Quantum an Schachtruthen dividirt. Ebenso die mittlere Arbeitszeit, indem man jedes Quantum mit der zugehörigen Zeit multiplicirt und durch das ganze Quantum dividirt. Auch nimmt man dann für $g + d$ einen Mittelwerth, im Ganzen 4 Minuten an, also für g pro Karre $2^3/_4$ Minuten und setzt den Inhalt der Karre durchschnittlich $= 2^1/_2$ Cubikfuss gewachsenen Boden, und die Geschwindigkeit wie früher $3^1/_2$ Fuss pro Secunde.

Beispiel:

Schachtruthen.	Mittlere Transportweite.	Product
190	10	1900
349	35	12215
494	10	4940
437	45	19665
.	.	.
.	.	.
.	.	.
13715 Schacht-R.		475095 Schacht-R. × 1⁰.

Dies giebt $\frac{475095}{13715} = 35^0$ mittlere Transportweite. Ist die mittlere Bauzeit auf 6 Monate à 20 Tage gerechnet, so müssen durchschnittlich täglich gefördert werden $\frac{13715}{120} = 115$ Schachtruthen à 256 Cubikfuss.

Eine Fahrt dauert mit Einladen 4 Minuten $+ \frac{2 \cdot 35 \cdot 16}{3^1/_2 \cdot 60} = 4 + \frac{1120}{210}$ $= 9{,}33$ Minuten, also in täglichen 10 Stunden können gemacht werden $\frac{10 \cdot 60}{9{,}33}$ setze $= 64$ Fahrten. Dies sind $64 \cdot 2^1/_2 = 160$ Cubikfuss pro Karre täglich. Also für täglich $115 \cdot 256 = 29440$ Cubikfuss sind erforderlich $\frac{29440}{160} = 184$ Karren $+ ^1/_3$ Reserve, giebt 245 Karren.

Diese 184 Karren erfordern 184 Arbeiter, welche sich z. B. in 6 Colonnen von etwa 30 Mann theilen können. Wird die grösste Transportweite zu etwa 60 Ruthen angenommen, so sind erforderlich $60 \cdot 6 \cdot 16 = 5760$ laufende Fuss Laufdielen und dazu für Abnutzung, Strahlengleise am Gewinnungsorte, Verhauen beim Legen der Bahnen etwa die Hälfte giebt 8640, setze $= 9000$ lfde. Fuss Laufdielen.

5) Schätzung der erforderlichen Anzahl Arbeiter aus der Anschlagssumme.

Zuweilen handelt es sich darum, die erforderliche Anzahl Arbeiter aus der für eine Arbeit bekannten Summe zu ermitteln, wobei die Höhe des dem An-

schlage zu Grunde gelegten Tagelohnes bekannt sein muss. — Gesetzt, eine Erdarbeit sei an Arbeitslohn für Gewinnen und Transport mit 9229 ℛ 18 *gr* veranschlagt. Sie soll in 60 Arbeitstagen vollendet werden, also jeden Tag werden 153 ℛ 25 *gr* auszulohnen sein. Diess macht erforderlich, dass bei 20 *gr* Tagelohn $\frac{153 \text{ ℛ } 25 \ gr}{20 \ gr} = 230{,}74$ setze 231 Arbeiter angestellt werden.

6) Transporte auf Steigungen.

Bei Transporten auf Steigungen verringert sich die Geschwindigkeit des Arbeiters, wesshalb er täglich weniger beschafft, daher, wenn er zu Lohne kommen soll, die Einheit der Leistung höher bezahlt erhalten muss. Nach einem gewissen Wege muss der Arbeiter, um sich zu erholen, wenigstens eine Minute Pause machen (welche selbstredend vergütet werden muss), ehe er weiter schieben kann. Beobachtungen haben z. B. folgende Zahlenwerthe ergeben,

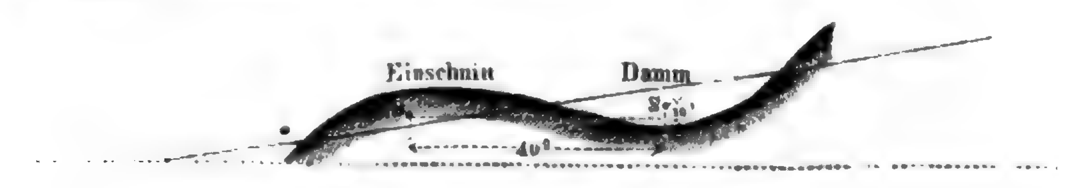
Steigungsverhältniss.	Geschwindigkeit pro Secunde.	Länge, wonach 1 Minute Pause.
$^1/_{30}$	3,4	70^{0}
$^1/_{20}$	3,3	60^{0}
$^1/_{16}$	3,2	50^{0}
$^1/_{14}$	3,0	40^{0}
$^1/_{12}$	2,7	30^{0}
$^1/_{10}$	2,3	25^{0}
$^1/_{8}$	1,9	20^{0}

wonach man Transporttabellen aufstellen und die Zulagen zu den Transporten auf der Horizontalen ermitteln könnte. (Vergl. Tabelle III.)

Indessen begnügt man sich meistens in der Praxis mit einfacheren Annahmen, rechnet gewöhnlich im Anschlage die mittlere Entfernung vom Schwerpunkte des Auftrages zum Schwerpunkte des Abtrages, setzt 5 bis 10 Ruthen für die Umwege (gegen die gerade Richtung) und die Wege auf den Strahlengleisen hinzu, und addirt ausserdem für jeden Fuss Höhe, von Schwerpunkt zu Schwerpunkt gerechnet, 1 bis $1^1/_2$ Ruthen Transportweite.

Andere rechnen schwache Steigungen gar nicht; von $^1/_{24}$ bis $^1/_{10}$ etwa $^1/_4$ *sgr* für jeden Fuss erstiegene Höhe, von $^1/_{10}$ bis zum Steilsten $= {}^1/_6$ etwa $^1/_2$ *sgr* Zulage. (Vergleiche auch Versuch einer theoretischen Nachweisung im Notizblatte des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. Band II. $18^{52}/_{53}$. v. **Kaven**, über „Leistungen der Menschen bei Karrentransporten".

Beispiel:



In Rechnung zu bringen 40 + 5 + 10 = 55° auf der Horizontalen. Im Uebrigen vermeidet man Transporte mit Steigungen, und sucht, wenn es sonst mit der Disposition passt, mit schwachem Gefälle z. B. $^1/_{32}$ bis $^1/_{24}$ bergab zu transportiren.

7) Transporte auf starken Gefällen.

Bei starken Gefällen von etwa $^1/_{16}$ an und steiler, welche sich nicht immer vermeiden lassen, müssen dem Arbeiter ebenfalls Zulagen zu den Preisen auf der Horizontalen gegeben werden, da er sehr stark dabei ermüdet und, wenn er die Wahl hätte, das Gefälle auf einem längeren Wege zu überwinden suchen würde. Die am Ende mitgetheilte Tabelle, welche sich auf Erfahrungen stützt (basirt auf 20 gr Tagelohn bei 10 Stunden wirklicher Arbeit), hat bei den hannoverschen Bahnen z. B. Vienenburg-Goslar gedient, und man kann versuchen, unter günstigen Umständen mit 10 Proc. weniger auszukommen.

An der hannoverschen Südbahn, wo wegen beschränkten Raumes an einigen Stellen mit $^1/_6$ abwärts gekarrt wurde, versah man die Karre mit einer Bremse, welche durch eine Zugstange in der Nähe des einen Handgriffs, mit Oese versehen, bewegt wurde, und welche der Arbeiter, der die Karre mittelst des Tragseiles trägt, anziehen konnte, da die eine Hand zur Führung der Karre genügt. Vergleiche Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins, Band I. 1855. pag. 203: „Ueber eine Bremsvorrichtung an Handkarren" von Ihssen.

8) Transporte mit zweirädrigen Handwagen oder Kippwagen.

Nach Beobachtungen sind die Daten folgende. Nützliche Arbeitszeit wie früher 575 Minuten = n; drei Arbeiter an einem Wagen (zwei ziehen und einer schiebt) à 20 gr = 60 gr Tagelohn = k; Aufenthalt für Ingangbringen der Wagen bei der Hin- und Rückfahrt, Abstürzen, Hinstellen zum Aufladen durchschnittlich $2^1/_2$ Minute = d; Geschwindigkeit oder Weg pro Minute v = 13,12 Ruthen hannov. à 16 Fuss; Anzahl Wagen pro Schachtruthe 20 bis 24.

Der Kasten hat Luftraum 36 . 40 . 16 = 23040 Cubikzoll,

Eine 8 Zoll hohe Pyramide $\frac{36 \cdot 40 \cdot 8}{3} = \frac{3840}{26880 \text{ Cubikzoll}} = 15{,}51$ Cubikfuss, wofür wegen Nichtvollladens und Verlust nur 15 Cubikfuss zu rechnen sind.

Von gewöhnlichem Boden kann man 12,5 Cubikfuss gewachsenen Boden, also 20 Wagen pro Schachtruthe, von Felsboden etwa 22 bis 24 Wagen rechnen.

Man kann nun die obigen Werthe in die allgemeine Formel

$p = \frac{a\,k}{n}\left(\frac{2\,x}{v} + d\right)$ setzen oder, wie beispielsweise angeführt, wie folgt schliessen.

Beim Transport auf x Ruthen sind für Hin- und Rückfahrt an Zeit nöthig $\left(\frac{2x}{13{,}12}+2{,}5\right)$ Minuten, mithin ist die Anzahl Fahrten in 575 Minuten

$$= \frac{575}{\left(\frac{2x}{13{,}12}+2{,}5\right)} = \frac{7544}{(2x+32{,}80)}$$

und eben so viele Wagen werden täglich transportirt.

Gehen a Wagen auf die Schachtruthe, so wird die Anzahl täglich geförderter Schachtruthen N gefunden, wenn man die Anzahl täglicher Wagen durch a dividirt, also ist $N = \frac{7544}{a\,(2x+32{,}80)}$, welche 60 *gr* kosten; also eine Schachtruthe kostet $p = \frac{60}{N}$ oder $p_{horiz.} = (0{,}015907\,a\,x + 0{,}26087\,a)$
für a = 20 Wagen $p_{20} = (0{,}3181\,x + 5{,}2174)$ *gr*, und
für a = 24 „ $p_{24} = (0{,}3818\,x + 6{,}2609)$ *gr*.

Bei Transporten auf fallender Bahn von etwa $^1/_{100}$ bis $^1/_{30}$ bleiben sämmtliche Daten wie vorhin, nur dass man die mittlere Geschwindigkeit zu 4 Fuss pro Secunde oder 15 Ruthen pro Minute setzen kann; man erhält dann in derselben Weise, wie vorhin, $p_{20} = (0{,}2782\,x + 5{,}2174)$ *gr* und $p_{24} = (0{,}3338\,x + 6{,}2609)$ *gr*.

Auf derartigen Gefällen ist der Transport günstig, so dass man zuweilen mit zwei kräftigen Arbeitern ausreichen und die Transportpreise herabdrücken kann.

Man kann nun aus beiden Preisbestimmungen für Transport auf der Horizontalen und auf dem Gefälle das Mittel nehmen, um eine Transporttabelle für die Veranschlagung zusammen zu stellen, da man beim Anschlage diese Verhältnisse nicht immer vorher genügend beurtheilen, aber eine Tabelle für 20 und 24 Wagen aufstellen, da man die Bodenarten und ihre Lockerung schon eher vorher kennen kann.

Die Bestimmung der Anzahl Handwagen geschieht ähnlich wie bei den Karren gezeigt. Man rechnet durchschnittlich $4^1/_2$ Minute für das Vollladen durch 3 Mann, so dass der ganze Aufenthalt incl. Laden, welcher bei Karren 4 Minuten betrug, hier 7 Minuten zu setzen ist. Die Handwagen erhalten eine Bahn aus zwei parallelen Bohlen, das Ausweichen der vollen und leeren Wagen geschieht, indem die leeren, beim Begegnen ausweichend, auf dem Damm selbst fahren; man arbeitet nicht mit Colonnen, sondern lässt jeden Wagen, wenn er fertig ist, abgehen, und richtet danach die Ladestellen ein. Man kann Handwagen zu Kopf- und zu Lagen-Schüttungen verwenden.

Bei Handwagen-Transporten auf Gefällen von $^1/_{100}$ bis $^1/_{30}$ kann nach gemachten Erfahrungen keine grössere mittlere Geschwindigkeit als 4 Fuss angesetzt werden. Denn, wenn die Arbeiter beim Abwärtsgehen mit dem vollen Wagen auch eine grössere Geschwindigkeit entwickeln, so bewegen sie sich

doch desto langsamer auf dem Rückwege, welchen sie gleichsam als Gelegenheit zum Ausruhen betrachten, da ihre Leistung mit dem vollen Wagen beträchtlich über der mittleren liegt.

Transporte auf stärkeren Gefällen. Die Gefälle von $^1/_{30}$ bis zu $^1/_{20}$ herab können der Horizontalen gleich geachtet werden, indem die Arbeiter dabei, um den Wagen aufzuhalten, nicht auf einer Bohlenbahn, sondern zweckmässig auf dem Boden des Dammes oder Einschnittes bergab und mit den leeren Wagen auf der Bohlenbahn zurückfahren. Die Anbringung von Bremsen an Handwagen hat einige praktische Schwierigkeiten, wenigstens ist sie ungebräuchlich. Noch stärkere Gefälle als $^1/_{20}$ müssten schon höher als Transporte auf der Horizontalen bezahlt werden, doch wird man besser thun, so starke Gefälle zu vermeiden; man kann sie daher beim Entwerfen einer Transporttabelle unberücksichtigt lassen. Steigungen muss man bei Handwagentransporten noch mehr vermeiden als bei Karren, weil den Arbeitern, die keinen Druck auf die Schulter erfahren, bald die nöthige Standfestigkeit fehlt, um das relative Gewicht des Wagens auf der schiefen Ebene zu überwinden. Bei Ansteigungen von $^1/_{30}$ und steiler hört der Handwagentransport auf, praktikabel zu sein, und wird dann unvortheilhaft, da man mehr als 3 Arbeiter anwenden müsste.

Die Fahrbohlen nimmt man von allen Holzarten, nicht gern unter 3 Zoll dick und 10 Zoll, besser 12 Zoll, breit. Die Bahn muss sorgfältig in der Lage gehalten werden, da sonst die Bohlen sehr stark abnutzen, besonders die Köpfe entzwei gefahren werden. Auch von Eisenbahnschwellen kann man vorzügliche Bahnen herstellen. Das Ablaufen verhütet man durch seitlich gestellte und durch eingeschlagene Pfählchen gehaltene Bohlen, wodurch die Regelmässigkeit des Transportes wegen grösserer Sicherheit der Bewegung sehr gewinnt, weil die Arbeiter ihre ganze Kraft zum Schieben verwenden können. Ein Handwagen kostet 20 bis 25 ₰.

9) Vergleichung der Anwendbarkeit von Handkarren und Handwagen.

Die Handkarre hat den Vorzug, dass sie sich bequem laden lässt, dass sie bei starken Steigungen und Gefällen gebraucht werden, und man überall bequem zum Laden ankommen kann. Dagegen besitzt der Handwagen den Vorzug einer grösseren Leistungsfähigkeit (4 Cubikfuss pro Mann gegen $2^1/_2$ Cubikfuss bei der Karre) bei gleicher Transportkraft, so lange keine starken Steigungen vorkommen. Wenn man daher principmässig sich bestreben muss, je mehr bei einer Erdarbeit der Transport vorwiegt, also je länger die Entfernungen werden, ein vollkommneres Transportgeräth zu wählen, so wird man bei weiteren Transporten zu Handwagen greifen, und es ist als praktische Regel wohl hingestellt, dass man mit Handkarren nicht über 80

Ruthen weit transportirt (auch schon desshalb, weil bei weiterer Entfernung die Arbeiter nicht in einer Tour schieben, sondern eine Rast machen müssen, die den Transport vertheuert), mit Handwagen aber bis auf etwa 300 oder 400 Ruthen. Bei noch grösseren Entfernungen geht man zu Transporten auf einer interimistischen Eisenbahn (sogenannter Interimsbahntransport) mit kleinen Eisenbahnwagen (auch Eisenbahnwagen mit gewöhnlicher Spurweite von 4 Fuss 8 Zoll engl.) von Menschen geschoben oder mit Pferdetransport über, oder benutzt bei kleinen Wagen kleine Locomotiven. Bei noch grösseren Entfernungen wendet man Locomotivtransporte mit gewöhnlichen Locomotiven an, indem man den auf andere Weise in nothdürftiger Breite angeschütteten und mit der Bahn versehenen Damm durch Seitenschüttung von mit der Locomotive und breitspurigen Wagen angefahrener Erde verbreitert Bei Anwendung solcher Transporte ist es aber erforderlich, dass das zu bewegende Quantum gross genug sei, um die hohen Kosten der Wagen und der Eisenbahn gehörig auf die Schachtruthe zu vertheilen. Bei kleinen Quantitäten kann daher die Anwendung von Handwagen, selbst Handkarren, auf grosse Entfernungen oft vortheilhaft sein, besonders wenn man dergleichen Geräthe von anderen Transporten her disponibel hat, während man Interimsbahn und Wagen erst anschaffen müsste. Die Entscheidung in solchen Fragen muss einer Kostenvergleichung mit Rücksicht auf die Zeit der Ausführung, und der Praxis des Ingenieurs überlassen bleiben. In manchen Fällen fängt man einen Transport mit Handkarren an und setzt ihn, wenn die Entfernungen grösser werden, mit Handwagen fort. Nicht selten zieht man vor, die Transportweise aber nicht zu ändern und auch für grössere Entfernungen Handkarren beizubehalten; auch fängt man wohl Transporte gleich mit Handwagen an, obgleich bei kleinen Entfernungen wegen der Zulage beim Laden der Preis pro Schachtruthe höher sein kann, als bei Karren. Ausserdem verursacht ein Wechsel des Transportes immer Aufenthalt und Kosten der neuen Einrichtung.

Bei Transporten auf Interimsbahnen werden die einleitenden Arbeiten, Eröffnung des Einschnittes, Herstellen eines Stückes Dammes zum Legen der Bahn immer mit Karren oder Handwagen hergestellt, doch beginnt man den Transport auf der Interimsbahn sobald als möglich.

Die Handkarre kann auf einer mittelmässigen Bohlenbahn gebraucht werden, und weil der Arbeiter einen Verticaldruck erfährt, kann er Steigungen bis selbst $^1/_6$ noch damit befahren, wenn er geübt ist, wie es z. B. beim Bau des neuen Hafens zu Bremerhaven beim Ausschachten des Bassins sehr häufig vorkam. Der Gebrauch des Handwagens, welcher eine besser liegende Bahn erfordert, wird bei Steigungen von mehr als $^1/_{30}$ schon sehr unbequem, und die Arbeiter müssen einen Mann zu Hülfe nehmen, wodurch der Transport sich vertheuert. Zuweilen reichen beim Handwagen zwei kräftige Arbeiter aus, bei langen Steigungen von $^1/_{100}$ kann man nie weniger als 3 Mann verwenden. Die

Gewinnungsplätze bei Handwagen müssen mit möglichst wenig Steigung angelegt werden, was nicht immer leicht zu erreichen ist. Bei Handkarren hat man in dieser Beziehung allen Spielraum.

Für Pferdekarren gilt ungefähr dasselbe wie für Handwagen. Hierüber ist Ausführliches in dem Werke: „Praktische Anleitung zum Erdbau", von Henz, zu finden.

Bei langen Transporten geht man also nach dem Obigen nicht von Handkarren zu Handwagen und dann Eisenbahntransport über, sondern lässt nur so viel Karrentransport vorausgehen, als zur Ingangsetzung des Bahntransportes durchaus nothwendig ist.

Ferner ist beim Handwagentransport die Unterhaltung der Bahn mit mehr Arbeitslohn und mit erheblich mehr Kosten (vielleicht das Dreifache) an Abnutzung und Ersatz der Laufbohlen verbunden. Die mit Karren geschütteten Dämme setzen sich meistens weniger, als die mit Handwagen hergestellten, weil durch das öftere Verlegen der Laufbahn und das häufigere Passiren der Arbeiter über den Damm die Schüttung mehr comprimirt wird.

Bei schwer zu beschaffenden Arbeitskräften kann man auf Handwagen mehr als auf Karren hingewiesen werden, weil ein Arbeiter damit mehr verfährt als mit der Karre.

Wie bereits bemerkt, kommt bei Entscheidung darüber, ob vollkommene Transportgeräthe und Bahnen, welche ein beträchtliches Anlagecapital erfordern, vortheilhaft sind, in Frage, ob dieses Capitel gehörig ausgenutzt werden kann, d. h. sich auf eine genügende Anzahl Schachtruthen vertheilt. Ist man in der Lage, dieselben Geräthe und Bahnstücke wiederholt zu benutzen, wie es Unternehmer thun können, welche von einem Unternehmen sofort zum anderen übergehen, so braucht die Repartirung des Capitals nicht auf eine Arbeit zu erfolgen, sondern es braucht nur der Antheil wegen Abnutzung, Reparatur und Kosten der Dislocation der Geräthe etc. gerechnet zu werden. Bei Staatsbauten (in Regie) werden die Geräthe manchmal nur sehr mangelhaft ausgenutzt, weil sie, ehe von einem Bau zum anderen verwendet, durch Lagern viel an Werth verlieren.

10) Herstellung der Dämme, bleibende Auflockerung der Schüttung.

Von der erwähnten anfänglichen Auflockerung beim Gewinnen ist wohl zu unterscheiden die bleibende Auflockerung des Schüttungsmaterials im Damme, nachdem derselbe eine gewisse Zeit sich hat setzen können, während welcher also die Schüttung sich mehr oder weniger comprimirt.

Dies Setzen der Dämme findet oft noch längere Zeit nach ihrer Vollendung statt, wesshalb man bei Angabe der Grösse desselben die Zeit, seit wel-

cher der Damm fertig gelegen hat, oder innerhalb welcher das Setzen erfolgt ist, berücksichtigen muss.

Es sind viele Ursachen, welche auf die Stärke des Setzens (solches in Theilen der Höhe des Dammes gerechnet) einwirken, z. B.: 1) die Art des Schüttungsmaterials, 2) die Art der Herstellung (ob mit Karren, Handwagen, in dünnen oder stärkeren Lagen, ob Kopfschüttung, ob gestampft oder nicht u. s. w.), 3) die Witterung während des Schüttens (z. B. ob durch Regen das Setzen befördert wurde u. s. w.), 4) ob ein Theil des Dammes vor der gänzlichen Vollendung einen Winter über liegen blieb und sich setzen konnte, wo also ein Theil des sonst nach der Vollendung beobachteten Setzens schon vorher eintritt, 5) die Höhe des Dammes selbst, insofern, als der untere Theil längere Zeit hat, sich schon während der Herstellung zu setzen, 6) die Raschheit der Ausführung der Schüttung bis zur Vollendung.

Die Ursachen sub 1 bis 3 wirken auf das Setzen nach der Vollendung überhaupt ein, die übrigen darauf, ob dasselbe früher oder später stattfindet. Eine Grösse des Setzens ist nach dem Obigen schwer anzugeben; es schwankt zwischen $^1/_{50}$ bis $^1/_{12}$ der Höhe.

Was die Höhenlage der Oberkante des Dammes, welcher zuweilen erst nach längeren Jahren zur Ruhe kommt, anbetrifft, so kommt auch dabei noch die Beschaffenheit des Untergrundes in Frage, in welchen die gesammte Schüttung sich eindrückt, oft sogar mehr oder weniger tief noch nach der Vollendung darin einsinkt.

Das Volumen eines Dammes und die Höhe desselben sind daher zu verschiedenen Zeiten verschieden; durchschnittliche Zahlen nach Beobachtungen sollen ergeben haben, dass die bleibende Auflockerung, nach der Vollendung der Schüttung, über den Inhalt des zum Damm verbrauchten gewachsenen Bodens betrug:

für Lehm und leichte Erdarten $^1/_{48}$; Keuper und Mergelarten $^1/_{32}$; festen Thon $^1/_{20}$; Felsen und Steintrümmer $^1/_{13}$ bis $^1/_{10}$.

Bei Felsen lockert z. B. ein würfeliger Bruch weniger als ein schieferiger in kleinen Stücken, indessen schwindet die Lockerung wieder, je nach der Menge des meistens dazwischen gemischten feinen Bodens und des Abraums, welcher sich in die Zwischenräume legt. — Beim Bau der Rhein-Nahe-Bahn beobachtete man an einer Stelle die Lockerung des Felsbodens selbst anfänglich zu 25 Proc., da aber auf demselben $^1/_4$ bis $^1/_3$ der ganzen Masse Lehmboden lagerte, der zugleich mit dem Felsen in den Damm verarbeitet wurde, so betrug die Lockerung oder Mehrung nach Vollendung der Schüttung nur noch 9 Proc.

Einige behaupten, dass gewisse Bodenarten nicht lockern, und dass sie sogar im Damme weniger Raum einnehmen können, als im natürlichen Zustande (gewachsener Boden); diess kann z. B. bei Lehmboden der Fall sein, wenn der-

selbe im Einschnitt, wo er gewonnen wird, feuchter ist, als im Damme, oder wenn derselbe aus Ausgrabungen entnommen und zu einer höheren Anschüttung verwendet, durch die Art des Transports (z. B. durch Pferdehufe, häufiges Ueberkarren) oder durch sorgfältiges Stampfen (z. B. beim Deichbau) gedichtet verbaut wird [1]).

Nach der schliesslich bleibenden Lockerung (und daher ohne Berücksichtigung der Ueberhöhungen, welche man anfänglich den Dämmen wegen Setzens giebt) würde man also bei Erdarbeiten die Masse der Einschnitte zu derjenigen der Dämme festlegen, welche aus der Einschnittsmasse geschüttet werden sollen. Beträgt z. B. bei Thon die bleibende Mehrung etwa $^1/_{20}$, so wird man bei einem Damme von D Schachtruthen (excl. des Inhalts der wegsackenden Ueberhöhung) die Gradiente so zu legen haben, dass $D = E + {}^1/_{20} E$ oder $E = {}^{20}/_{21} D$ ist, um nach Vollendung der Erdarbeiten, und nachdem sich der überhöht gearbeitete Damm gesetzt hat, die Massen ausgeglichen zu sehen, und die richtige Höhe des Dammes zu haben. — Einige Ingenieure berücksichtigen das Lockern gar nicht, wesshalb sie nicht selten in die Lage kommen, zu viel Einschnittserde zu erhalten, mit welcher dann entweder der Damm breiter geschüttet wird, als er zu sein braucht, oder welches Plus dann abgelagert werden muss [2]).

Es folgt aus dem Vorhergehenden, dass eine Ermittelung der geförderten Erde aus dem Auftrage, zu verschiedenen Zeiten gemessen, verschiedene Resultate ergeben würde. Es ist daher von Wichtigkeit und allgemein Gebrauch, dass die Quantität geförderter Erde immer im Einschnitte oder in der Abgrabung als gewachsener Boden gemessen werde, und dass nach geförderten Schachtruthen gewachsenen Bodens con-

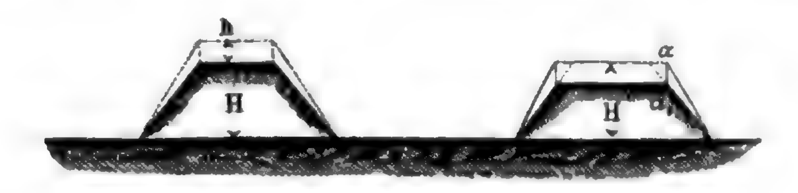
[1]) Graeff, pag. 34 (Construction des canaux et des chem. de fer) giebt an, dass eine Cubikeinheit Abtrag Felsen zwar $1^{m},5$ bis $1^{m},8$ Auftrag gab, aber es ging in die Zwischenräume so viel Erde, dass im Durchschnitt der Cubikmeter Abtrag Felsen und Erde zusammen nur 1 Cubikmeter Auftrag gaben.

Bei Herstellung des Marne-Rhein-Canals, wo man nur gewöhnliche Erde (terre fine) aus dem Thale, in welchem der Canal lag, benutzt hat, welche mit Karren und Handwagen hergestellt und ausserdem sorgfältig gestampft wurde, hat man sogar $1^{m},10$ bis $1^{m},25$ Abtrag für 1 Cubikmeter Auftrag gebraucht. Er will daher im Allgemeinen keine Auflockerung rechnen, sogar bei leichter Erde $^1/_{10}$ Schwinden, also negatives Auflockern.

[2]) Die Erfahrung hat gelehrt, dass die Erreichung der Compensation der Erdarbeiten bei Projectirung der Eisenbahnen nicht so wichtig ist, als bei Strassen und Canälen, denn man kann die erforderliche Dossirung der grossen Einschnitte bei Eisenbahnen selten genau vorhersehen und ihre Aenderung wirft oft alle Erdberechnungen wieder um. Wenn man die Compensation auch bei den Projecten zu erreichen sucht, wird sie doch selten in der Ausführung der Arbeiten realisirt werden können (Graeff, pag. 33, Construction des canaux et des chem. de fer).

trahirt werde, wesshalb man sorgfältig das Terrain tiefer Einschnitte vor der Abgrabung durch Querprofile festlegt und bei ebenem Terrain und nicht tiefen Einschnitten während der Ausführung Höhenzeichen (z. B. kleine Erdhügel, deren Oberkante noch den natürlichen Rasen zeigt) zur Controle stehen lässt.

Die auf Seite 398 angegebene bleibende Mehrung ist nach Vollendung der Schüttung noch übertroffen, da der Damm sich noch längere Zeit setzt. Man muss, wenn nach Vollendung des Setzens die richtige Gradiente vorhanden sein soll, den Damm von der richtigen Höhe H um das nun noch stattfindende Setzen h überhöhen und die Profillatten so stellen, wie die punktirte Linie zeigt, während die ausgezogene das richtige Profil ist. Will man den Damm



nicht überhöhen, sondern nach vollendetem Setzen aufhöhen, so muss man ihn wenigstens entsprechend breiter schütten, damit nach dem Sacken von α auf α_1 man die Dossirung nicht nachzuschütten oder gar den Rasen wieder aufzunehmen braucht, wie es sonst erforderlich sein würde. Das Stück $\alpha\,\alpha_1$ wird dann nachgeschüttet.

Die anfängliche Ueberhöhung des Dammes gleicht man an beiden Seiten durch eine passende Gradiente aus, welche nicht steiler sein darf, als die steilste Gradiente, welche in der Bahn überhaupt vorkommt.

Um das Setzen der Dämme möglichst herabzuziehen, ist das Folgende zu beobachten:

1) Bei niedrigen Dämmen, welche durch ihr eigenes Gewicht sich wenig setzen, muss man in dünnen Schichten 6 Zoll bis 1 Fuss, und nicht vor Kopf anschütten, und über diese Schichten bei Fortsetzung der Arbeit die Fahrbahn legen; 2) liegt ein solcher Damm längere Zeit, z. B. einen Winter durch, so dichtet ihn der Regen, was man durch Höherhalten der Dammkanten, wodurch das Wasser am Abfliessen verhindert wird, noch befördern kann. Wenn das Durchwintern nicht angänglich und der Damm in einem Jahre vollendet sein muss, so stampft man die einzelnen Lagen mit Erdstampfen. Bei höheren Dämmen stampft man wohl den im letzten Baujahre aufgeschütteten oberen Theil. Es ist auch zweckmässig, Dämme, um sie zu comprimiren, mit Chausseewalzen von passendem Gewicht zu walzen, welches Gewicht allmählig vergrössert wird, je mehr der Damm comprimirt ist; 3) grössere Erdstücke sind nicht ohne Weiteres in den Damm zu bringen, sondern vorher zu zerkleinern; eben so, wenn man bei Frost Erdarbeiten macht, bringt man die gefrorenen Erdstücke

nicht gern in den Damm, oder zerkleinert sie wenigstens sehr sorgfältig, weil beim Aufthauen, welches oft erst lange Zeit nachher stattfindet, die Erdklötze einen kleineren Raum im Damme einnehmen; 4) Steingerölle schüttet man möglichst dicht und sucht die vorhandenen Zwischenräume mit gleichzeitig von anderen Gewinnungsplätzen herbeigeführter Erde auszufüllen.

Vorsichtsmaassregeln beim Beschütten von Brücken. Was die Beschüttung von Brücken anbetrifft, welche Bauwerke früh genug angefangen werden müssen, damit die Erdtransporte über sie geführt oder die Dämme über ihnen geschüttet werden können, und die Erdarbeiten keinen Aufenthalt erfahren, so darf man eine Kopfschüttung nicht zu nahe an sie hinantreiben, weil leicht ein Verschieben des Bauwerks oder ein Umkanten durch einseitigen Druck stattfinden kann. Man muss vielmehr in einer gewissen Entfernung zu beiden Seiten des Bauwerks Lagenschüttungen vornehmen, die man, je nach Beschaffenheit des Bodens, woraus die Schüttung besteht, noch zu stampfen pflegt, bis man eine gewisse Höhe über der Brücke erreicht hat. Es ist ausserdem noch zweckmässig, hinter den Widerlagern und über der Brücke das durchlässigste Material zu verwenden, über welches man disponiren kann, um dem Wasser aus der Umgebung des Brückenmauerwerks guten Abfluss zu verschaffen und so das Mauerwerk der Brücke trocken zu halten.

11) Einige Bemerkungen über die Ausverdingung von Erdarbeiten.

Ueber die Ausverdingung grösserer Erdarbeiten ist Ausführliches in dem unten citirten Werke von Henz enthalten. Hier werde nur bemerkt, dass dergleichen Arbeiten im Allgemeinen entweder in Entreprise, d. i. durch einen Unternehmer, oder in Regie, d. i. durch Ingenieure der Verwaltung, ausgeführt werden.

Die Ausführung in Entreprise (welche z. B. in Süddeutschland gebräuchlicher als in Norddeutschland ist) geschieht, je nachdem die Unternehmer sich darauf einlassen und qualificirt sind, unter den verschiedensten Modalitäten z. B. in Bausch und Bogen. Hier wird dem Unternehmer der von den Ingenieuren gefertigte Erdarbeitsanschlag einzelner Abtheilungen (Loose) der ganzen Strecke vorgelegt, und die Unternehmer concurriren, indem sie eine Summe, welche gewisse Procente unter (zuweilen auch „über") dem Anschlage ist, fordern, wobei sich die Bauverwaltung vorbehält, einem Qualificirten unter den Niedrigstfordernden den Zuschlag zu geben. Der Anschlag enthält die durch Bohrungen, Grabungen u. s. w. festgestellten (zuweilen auch nur durch geognostische Sachverständige vermutheten) Bodenarten der Einschnitte und Ausgrabungen (Füllgruben), die Dispositionen des Transports und die berechneten Summen für Gewinnung und Transport unter Angabe der Einheitspreise und Transportweiten. Ausserdem wird ein Termin der Vollendung festgesetzt. Es

ist Sache des Unternehmers, sich von dem Zutreffen der bezüglichen Untersuchungen, wie von der Richtigkeit des Anschlages zu überzeugen, da die Bauverwaltung keine Gewähr für das Eintreffen der gemachten Voraussetzungen übernimmt. Der Unternehmer stellt alle Geräthe, und es bleibt ihm in der Ausführung alle nur mögliche Freiheit, falls er es vortheilhafter finden sollte, die Gewinnungs- und Transport-Dispositionen zu ändern, sofern der Qualität der Ausführung kein Nachtheil daraus erwächst.

Eine Modification dieses Verfahrens ist bei einzelnen Ausführungen dahin eingetreten, dass man sich gegenseitig vorbehält, die Kategorien der gewonnenen Bodenarten nach der Ausführung festzustellen, nach vorher für jede derselben festgestelltem Gewinnungspreise zu berechnen, und in so weit eine spätere Verificirung des dem Angebote zu Grunde gelegten Anschlages zuzulassen, im Uebrigen aber, wie oben erwähnt, zu verfahren. Hierbei fällt also für den Unternehmer das grosse Risico wegen Nichteintreffens der vermutheten Bodenarten fort.

Da die Herstellung mancher Kunstbauten, als Brücken, Futtermauern etc., vor Herankommen der Erdarbeiten an diese Stellen oder doch wenigstens gleichzeitig geschehen muss, so pflegt man bei grossen Entreprisen diese Ausführungen demselben Unternehmer mit zu übertragen, damit er nicht etwaige Verzögerungen dieser Bauten, welche auf den Fortgang seiner Arbeiten rückwirken können, einem Anderen zur Last legen könne.

Bei diesen Arten der Contrahirung hält sich die Bauverwaltung lediglich an den Unternehmer, welcher die Arbeiten wieder in einzelnen Partien ausverdingt — wobei sich die Bauverwaltung ein Urtheil über die Qualification des Unter-Unternehmers häufig vorbehält — oder welcher die Arbeiten durch sein Ingenieur-Personal direct ausführen lässt. Um das Verhältniss des Unternehmers zu den Arbeitern, deren Heranziehung, Behandlung, und um die Höhe des Verdienstes der Arbeiter, kümmert sich die Bauverwaltung nicht, sie sorgt nur durch entsprechende Vorschriften, dass Ordnung auf den Bauplätzen herrsche, dass gewisse, polizeilich vorgeschriebene Formen betreffs der Legitimation der Arbeiter beobachtet, dass Krankencassen eingerichtet werden u. s. w. Es bleibt Sache des Unternehmers, die erforderliche Anzahl Arbeiter zum gesicherten Fortschritte der Arbeiten zu stellen. Zur Sicherung der Bauverwaltung deponirt der Unternehmer eine Caution in gewissen (5 bis 10) Procenten der Anschlagssumme für die unmangelhafte Ausführung der Arbeiten nach Maassgabe des Anschlages und der sonst bei der Submission gestellten Ausführungsvorschriften, wie für die rechtzeitige Vollendung.

Diese Art der Ausführung durch Entreprise ist für die Bauverwaltung bequem und erfordert ihrerseits weniger Personal, da einige erfahrene Ingenieure zur Beaufsichtigung und zur Controle der Herstellung genügen; die Verwaltung kann daher bei geringem, eigenem Personal grosse Arbeiten zu

gleicher Zeit angreifen lassen. Sie erfordert aber das Vorhandensein sehr ausführlicher Vorarbeiten mit zutreffenden Dispositionen, fertige specielle Projecte und Anschläge des Ganzen, weil spätere erhebliche Veränderungen des Projectes leicht zu Weiterungen mit dem Unternehmer führen; ferner erfordert sie das Aufstellen bündiger und umsichtig gefasster Contracte, die Möglichkeit einer Concurrenz zwischen brauchbaren, erfahrenen und solventen Unternehmern, und bedingt eine rasche, ununterbrochene Erledigung des Expropriations-Geschäftes, um dem Unternehmer rechtzeitig den Angriff nach dem vorgenommenen Plane zu ermöglichen.

Obgleich ein Unternehmer mit grossen Erfahrungen und Capitalien, geschultem Personal und vollständigem Geräthepark, den er bei rasch auf einander folgenden Ausführungen gut ausnutzt, Arbeiten billig unternehmen kann, wird diese Art der Ausführung, weil der Unternehmer sein Risico hoch veranschlagen muss, häufig kostbar, und giebt nicht selten, wenn der Verdienst des Unternehmers gering ausfällt und bei unpraktischen Aufsichtsbeamten der Verwaltung, zu erheblichen Differenzen, Processen u. s. w. Veranlassung.

Bei Ausführung in Regie fallen der Bauverwaltung und deren Unterbeamten direct die Arbeiten zu, welche sonst der Unternehmer und seine Angestellten besorgen. Die Baubeamten verkehren direct mit den Schachtmeistern oder kleineren Unternehmern, welche kleinere Abtheilungen für gewisse Summen übernehmen oder die Arbeiten nach festgestellten und vereinbarten Gewinnungs- und Transportpreisen ausführen. Es bleibt hierbei den Schachtmeistern überlassen, die Arbeiter in Tagelohn oder besser in Accord zu beschäftigen, und für die Heranziehung einer genügenden Anzahl zu sorgen. Indessen hat dies Verfahren aus Gründen, deren Angabe hier zu weit führen würde, nicht selten Bedrückungen der Arbeiter und daher Verlassen der Arbeit zur Folge, wovon die Bauverwaltung den grössten Nachtheil hat, zumal diese kleinen Unternehmer selten cautionsfähig sind, vielmehr oft noch Seitens der Bauverwaltung durch Vorschüsse unterstützt werden müssen. Der weiter unten beschriebene Modus für Ausverdingungen mit Schachtmeistern, wobei die Bauverwaltung die Arbeiter gegen grosse Benachtheiligungen schützt, scheint erfahrungsmässig brauchbar zu sein.

Bei dieser Ausführung in Regie trägt also die Bauverwaltung jedes erhebliche Risico. Es erfordert eine grössere Anzahl geübter und zuverlässiger Beamten und im Allgemeinen, wegen des weitläufigeren Geschäftsganges einer Behörde, ein grösseres Aufsichts-, Rechnungsführer- etc. Personal, als das des Unternehmers, wobei die Arbeiten meistens nicht schneller vorwärts gehen, als bei einem Unternehmer. Dagegen kann man jederzeit Aenderungen des Projectes und der Ausführungen beliebig vornehmen und manche Veranschlagungs- und Projectirungs-Arbeiten, während schon die Erd- und sonstigen Arbeiten in Angriff genommen sind, vollenden.

Dies Verfahren giebt ausserdem den Baubeamten der Verwaltung mehr Gelegenheit, sich (allerdings auf Kosten der Verwaltung) gründlicher auszubilden; indessen muss die Bauverwaltung die Erfahrungen des Unternehmers, wodurch derselbe Profit gemacht hätte, zuweilen indirect durch Lehrgeld ihrer Beamten dennoch bezahlen.

Beide Arten der Ausführung grösserer Arbeiten haben nach den Umständen ihre Berechtigung. Eine unbefangene Kritik derselben ist schwierig und würde hier zu weit führen.

Zweckmässiger Modus bei vorkommenden kleineren oder grösseren getheilten Arbeiten. Eine gute Organisation der Arbeit sucht das eigene Interesse eines jeden der dabei Betheiligten rege zu machen, und es ist dabei von grosser Wichtigkeit, dass der gewöhnliche Arbeiter seinen täglichen Verdienst kenne und leicht übersehe, dass er ferner die Ueberzeugung habe, nicht bloss verdeckte Tagelohnarbeit, sondern wirkliche Accordarbeit zu verrichten.

Die Contrahirung von Arbeiten mit einem Schachtmeister geschieht nun zweckmässig so, dass demselben ein bestimmtes Quantum Abtrag, welches zu dem Ende vorher genau nivellirt, cotirt und aufgemessen sein muss, nach Schachtruthen übergeben wird, und dass dabei für die sich ergebenden Bodenkategorien, deren Anzahl möglichst bestimmt und gering festzustellen, bestimmte Gewinnungspreise, und für die Schachtruthe, je nach der Anzahl Karren auf dieselbe, bestimmte Transportpreise oder Transporttabellen vereinbart werden. Hierbei werden für die Zahlung an den Schachtmeister eine mittlere Entfernung vom Schwerpunkte des Abtrages bis zu dem des Auftrages und event. eine mittlere Steigung oder mittleres Gefälle festgesetzt, wobei vorkommende Umwege durch Zusatz zu der directen Entfernung berücksichtigt werden müssen.

Die Ermittelung der Anzahl Karren pro Schachtruthe geschieht nach Absteckung eines genau zu ermittelnden Quantums des Abtrages durch eine genügende Anzahl Probeladungen, und der Schachtmeister bezahlt die Arbeiter mit Befolgung einer von der Bauverwaltung, unter Zugrundelegung des erforderlichen, täglichen Verdienstes, ermittelten Transporttabelle nach der Anzahl der geschobenen Karren, wie ebenfalls die Gewinnung nach der von der Bauverwaltung mit dem Schachtmeister (wie oben) vereinbarten Tabelle den Arbeitern bezahlt wird.

Die Arbeiter theilen sich in nicht zu grosse Colonnen von je nach Umständen 30 bis 40 Mann höchstens, die in einen Accord gehen. Für jede an die Ablagerungsstelle geschobene Karren-Colonne erhält der erste Arbeiter eine Marke, welche er am Abend abgiebt und dafür eine Bescheinigung erhält, so dass die Arbeiter einer Colonne an jedem Abend selbst berechnen können, wie hoch sich ihr Verdienst beläuft.

Alle 14 Tage ist Zahlung für die Arbeiter, und der Schachmeister erhält Abschlagszahlungen von der Verwaltung nach geschehener überschläglicher Aufmessung, und nach gewissen Zeitperioden wird definitiv aufgemessen und rein ausgekehrt.

Der Verdienst des Schachtmeisters wird dadurch hergestellt, dass der ganzen nach dem Obigen berechneten Summe für die Arbeit $1\frac{1}{2}$ bis 2 Proc. zugesetzt werden, wovon er sein Aufsichts- und Vorarbeiterpersonal bezahlen muss. Ueberdies verdient er an dem Uebermaass, wenn er voller laden lässt als bei den Probekarren, die Anzahl Karren, welche weniger auf die Schachruthe gehen, als ihm berechnet wurde.

Bei dieser Art der Verdingung controliren die Arbeiter sich selbst sorgfältig und leiden nur leistungsfähige Individuen unter sich. Der Schachtmeister hat ein Interesse, voll laden zu lassen und die Arbeit zu beschleunigen; ein Benachtheiligen der Arbeiter ist schwierig.

Uebrigens behält sich hierbei die Bauverwaltung vor, die Anzahl der Arbeiter, welche ein Schachtmeister führen darf, zu genehmigen, da in manchen Fällen derselbe nicht mehr als 150 bis höchstens 200 Mann übersehen kann.

Die Geräthe zum Traciren u. s. w. (Richtscheite, Schnüre, Nivellirpflöcke, Maassstäbe, Visirkreuze und Visirtafeln, Stampfen, Handrammen, Brenneisen, Handsägen u. s. w.) stellt entweder der Schachtmeister gegen eine Vergütung von 4 bis 5 ₰ pro Schachtruthe, oder die Bauverwaltung; diejenigen zum Gewinnen und Transport meistens die Bauverwaltung, wogegen der Schachtmeister gegen eine Vergütung deren Unterhaltung übernimmt und sie in gut reparirten Exemplaren wieder abliefert und abhanden gekommene ersetzt.

I. Preistabelle für die Bodengewinnung

pro hann. Schachtruthe von 256 Cubikf., und pro Cub.-Meter = 40,126 Cubikf. hann.

Die nachstehenden Preise für die Veranschlagung sind auf einen Verdienst eines Accordarbeiters von 20 *sgr* pro 10 Stunden nützlicher Arbeitszeit gestützt und gelten für die Ausführung als Maximalpreise, welche an Stelle der Normalpreise für die Ausführung nur mit besonderer Genehmigung bewilligt werden dürfen.

Nr.	Bezeichnung der Bodenarten.	Preis für die Veranschlagung.	Preis für die Ausführung.	Preis für die Veranschlagung	Preis für die Ausführung.
		Silbergroschen pro Schachtruthe		Silbergroschen pro Cub.-Meter	
1	Loser Sand	11,2	10,0	1,76	1,57
2	Ackerboden	12,3	11,0	1,93	1,72
3	Fester, nasser Sand	13,5	12,0	2,12	1,88
4	Leichter Lehmboden	14,0	12,5	2,19	1,96
5	Kies	14,0	12,5	2,19	1,96
6	Grandiger Lehmboden	16,8	15,0	2,63	2,35
7	Schwerer Lehmboden (mit Grand)	19,6	17,5	3,07	2,74
8	Leichter Thonboden	16,8	15,0	2,63	2,35
9	Schwerer Thonboden (stämmiger Thon)	22,4	20,0	3,52	3,14
10	Grober Sand mit Thon	28,0	25,0	4,10	3,93
11	Fester und trockener, zäher Thon	30,8	27,5	4,84	4,32
12	Trockenes Torfmoor	14,0	12,5	2,19	1,96
13	Nasses Torfmoor	16,8	15,0	2,63	2,35
14	Kreideformation. } Kreide, Kreidekalk, Kreidemergel	33,6	30,0	5,27	4,71
15	Losere Keuperformation. Bunter Mergel	33,6	30,0	5,27	4,71
16	Festere dessgl. Keupersandstein	50,4	45,0	7,85	7,07
17	Muschelkalk-Formation. { Leichter brechender Kalkstein	33,6	30,0	5,27	4,71
18	Schwer „ „	50,4	45,0	7,85	7,07
19	Dichter, Muschelkalk in kleinen Bänken	67,2	60,0	10,55	9,42
20	Dessgleichen in grossen Flötzen	89,6	80,0	14,04	12,54
21	Bunte Sandstein-Formation. { Leichter, bunter Sandstein	33,6	30,0	5,27	4,71
22	Festerer, „ „	50,4	45,0	7,85	7,07
23	Dichter, kerniger in kleinen Bänken	67,2	60,0	10,55	9,42
24	„ „ in grossen Bänken	89,6	80,0	14,04	12,54
25	Dichter Gypsfelsen	56,0	50,0	8,79	7,84
26	Stinkstein in dichten Flötzen. Zechsteinformation	67,2	60,0	10,55	9,40

12) Bemerkungen zu der vorstehenden Preistabelle für Bodengewinnung.

1) Die Kosten des Pulvers sind in den Gewinnungspreisen mit enthalten, nicht aber die des kleinen Gezähes;

2) die Preise für das Einladen sind in den Gewinnungspreisen mit inbegriffen, ebenso das Werfen der Grabenerde in den Damm (einmaliger Wurf);

	Veranschlagung.	Ausführung.
3) beim Einladen in Handwagen und Wagen auf der Interimsbahn wird für erschwertes Laden eine Zulage bezahlt pro Schachtruthe	3 sgr	2,5 sgr
4) für Herstellen und Instandhalten der Bohlenbahn (Arbeitslohn) und Verbauen der Erde in den Damm, Zulage pro Schachtruthe	3 „	2,5 „
5) für ein zweites Werfen des Bodens (zweiter Spatenwurf) Veranschl. 10 — 20 sgr, Ausführung 8 — 15 sgr;		
6) das Schmieren der Transportgeräthe incl. Schmiere pro Schachtruthe Karren	0,5 „	0,3 „
Handwagen	1,0 „	0,8 „
7) für Stampfen des Bodens, wo solches erforderlich ist, pro Schachtruthe	6,5 „	5 „
8) eine □ Ruthe Mutterboden einen Stich 6 — 9 Zoll stark abzudecken und in 5 — 10 Ruthen Entfernung seitwärts abzulagern	10 „	8 „
9) eine laufende Ruthe Hecke auszuroden	6 „	5 „
10) eine □ Ruthe dünnes Schlagholz mit Wurzeln und Stuken auszuroden, das Holz zur Seite zu bringen und aufzustapeln	23 „	18,5 „

II. Preistabelle für den

Die nachstehenden Preise für die Veranschlagung sind auf einen Verdienst eines Accordarbeiters von 20 Sil-
Maximalpreise, welche an Stelle der Normalpreise für die Ausführung
(Für Fussmaass hannov.)

Transportweite in Ruthen à 16' = x.	Transportpreise pro Schachtruthe à 256 Cubikfuss gewachsenen Boden.							
	Handkarren auf Laufdielen				Handkarren auf guter Holzbahn.			
	Veranschlagungs-Maximalpreis		Ausführungs-Normalpreis.		Veranschlagungs-Maximalpreis.		Ausführungs-Normalpreis.	
	100 Karren pro Sch.-R	120 Karren pro Sch.-R.	100 Karren pro Sch.-R	120 Karren pro Sch.-R.	20 Wagen pro Sch.-R	24 Wagen pro Sch.-R.	20 Wagen pro Sch.-R	24 Wagen pro Sch.-R.
	In Silbergroschen = p.		In Silbergroschen = p		In Silbergroschen = p.		In Silbergr. = p.	
5	6,8	8,0	6,1	7,2	6,5	7,8	5,8	7,0
10	9,3	11,0	8,4	9,9	8,0	9,6	7,1	8,6
15	11,8	14,0	10,6	12,6	9,5	11,4	8,5	10,3
20	14,3	17,0	12,9	15,3	11,0	13,2	9,8	11,9
25	16,8	20,0	15,1	18,0	12,5	15,0	11,2	13,5
30	19,3	23,0	17,4	20,7	14,0	16,8	12,5	15,1
35	21,8	26,0	19,6	23,4	15,5	18,6	13,9	16,7
40	24,3	29,0	21,9	26,1	17,0	20,4	15,2	18,4
45	26,8	32,0	24,1	28,8	18,5	22,2	16,6	20,0
50	29,3	35,0	26,4	31,5	20,0	24,0	17,9	21,6
55	31,8	38,0	28,6	34,2	21,5	25,8	19,3	23,2
60	34,3	41,0	30,9	36,9	23,0	27,6	20,6	24,8
65	36,8	44,0	33,1	39,6	24,5	29,4	22,0	26,5
70	39,3	47,0	35,4	42,3	26,0	31,2	23,3	28,1
75	41,8	50,0	37,6	45,0	27,5	33,0	24,7	29,7
80	44,3	53,0	39,9	47,7	29,0	34,8	26,1	31,3
85			—	—	30,5	36,6	27,4	32,9
90			—	—	32,0	38,4	28,7	34,6
95			—	—	33,5	40,2	30,1	36,2
100			—	—	35,0	42,0	31,4	37,2
105			—	—	36,5	43,8	32,8	39,4
110			—	—	38,0	45,6	34,1	41,0
115			—	—	39,5	47,4	35,5	42,7
120			—	—	41,0	49,2	36,8	44,3
125			—	—	42,5	51,0	38,2	46,0
130			—	—	44,0	52,5	39,5	47,5
135			—	—	45,5	54,6	40,9	49,1
140			—	—	47,0	56,4	42,2	50,8
145	—	—	—	—	48,5	58,2	43,6	52,4
150	—	—	—	—	50,0	60,0	44,9	54,0
155	—	—	—	—	51,5	61,8	46,3	55,6
160	—	—	—	—	53,0	63,6	47,6	57,2
165	—	—	—	—	54,5	65,4	49,0	58,9
170	—	—	—	—	56,0	67,2	50,3	60,5
175	—	—	—	—	57,5	69,0	51,7	62,1
180	—	—	—	—	59,0	70,8	53,0	63,7
185	—	—	—	—	60,5	72,6	54,4	65,3
190	—	—	—	—	62,0	74,4	55,7	67,0
195	—	—	—	—	63,5	76,2	57,0	68,6
200	—	—	—	—	65,0	78,0	58,4	70,2

Handkarren auf Laufdielen, Veranschlagungs-Maximalpreis (rows 85–140):

allgemein $p_{100} = 4{,}3 + 0{,}5\,x$ — allgemein $p_{120} = 5 + 0{,}6\,x$

für z Karren auf die Schachtruthe ist der Preis

$$S_z = \frac{z}{100} \cdot p_{100} = \frac{(4{,}3 + 0{,}5\,x)\,z}{100}$$

Handkarren auf guter Holzbahn, Veranschlagungs-Maximalpreis (below row 200):

allgemein $p_{20} = 5 + 0{,}3\,x$ — allgemein $p_{24} = 6 + 0{,}36\,x$

für z Wagen auf die Schacht-R. $p_z = z\,\frac{p_{20}}{20} = \frac{(5 + 0{,}3\,x)\,z}{20}$

Transport der Bodenmassen.

bergroschen für 10 Stunden nützlicher Arbeitszeit gestützt. Dieselben gelten zugleich für die Ausführung als nur mit besonderer Genehmigung bewilligt werden dürfen.

(Für Meter-Maass.)

Transportweite in metr. Ruthen à 5 Meter = x	Transportpreise pro Cub.-Meter gewachsenen Boden								Bemerkung.
	Handkarren mit Laufdielen				Handkarren auf guter Holzbahn				
	Veranschlagungs-Maximalpreis.		Ausführungs-Normalpreis		Veranschlagungs-Maximalpreis.		Ausführungs-Normalpreis		
	16 Karren pro Cub.-Mtr	20 Karren pro Cub.-Mtr.	16 Karr. pr C.-M	20 Karr pr C.-M	3 Wagen pro Cub.-Meter	4 Wagen pro Cub.-Meter	3 Wagen pr. C.-M.	4 Wagen pr. C.-M.	
	In Groschen.		In Groschen.		In Groschen		In Groschen.		
5	1,15	1,45	1,04	1,31	1,02	1,36	0,918	1,224	Die Preise für die Ausführung sind auf Pfennige abzurunden.
10	1,60	2,00	1,11	1,80	1,26	1,68	1,134	1,512	
15	2,05	2,55	1,85	2,30	1,50	2,00	1,350	1,800	
20	2,50	3,10	2,25	2,79	1,74	2,32	1,566	2,088	
25	2,95	3,65	2,66	3,29	1,98	2,64	1,782	2,376	
30	3,40	4,20	3,06	3,78	2,22	2,96	1,998	2,664	
35	3,85	4,75	3,47	4,28	2,46	3,28	2,214	2,952	
40	4,30	5,30	3,87	4,77	2,70	3,60	2,430	3,240	
45	4,75	5,85	4,28	5,27	2,94	3,92	2,646	3,528	
50	5,20	6,40	4,68	5,76	3,18	4,24	2,862	3,816	
55	5,65	6,95	5,09	6,26	3,42	4,56	3,078	4,104	
60	6,10	7,50	5,49	6,75	3,66	4,88	3,294	4,392	
65	6,55	8,05	5,90	7,25	3,90	5,20	3,510	4,680	
70	7,00	8,60	6,30	7,74	4,14	5,52	3,726	4,968	
75	7,45	9,15	6,71	8,24	4,38	5,84	3,942	5,256	
80	7,90	9,70	7,11	8,73	4,62	6,16	4,158	5,544	
85	allgemein	allgemein	—	—	4,86	6,48	4,374	5,832	
90	$p_{16} = 0,09\,x$	$p_{20} = 0,11\,x$	—	—	5,10	6,80	4,590	6,120	
95	$+ 0,7$	$+ 0,9$	—	—	5,34	7,12	4,806	6,408	
100			—	—	5,58	7,44	5,022	6,696	
105	für z Karren auf den		—	—	5,82	7,76	5,238	6,984	
110	Cubikmeter ist allge-		—	—	6,06	8,11	5,454	7,272	
115	mein der Preis		—	—	6,30	8,40	5,670	7,560	
120			—	—	6,54	8,72	5,886	7,848	
125	$p_z = z\,\frac{p_{16}}{16}$		—	—	6,78	9,04	6,102	8,136	
130			—	—	7,02	9,36	6,318	8,424	
135	$p_z = z\,\frac{(0,09\,x + 0,7)}{16}$		—	—	7,26	9,68	6,534	8,712	
140			—	—	7,50	10,00	6,750	9,000	
145	—	—	—	—	7,74	10,32	6,966	9,288	
150	—	—	—	—	7,98	10,64	7,182	9,576	
155	—	—	—	—	8,22	10,96	7,398	9,864	
160	—	—	—	—	8,46	11,28	7,614	10,152	
165	—	—	—	—	8,70	11,60	7,813	10,440	
170	—	—	—	—	8,94	11,92	8,046	10,728	
175	—	—	—	—	9,18	12,24	8,262	11,010	
180	—	—	—	—	9,42	12,56	8,478	11,304	
185	—	—	—	—	9,66	12,88	8,694	11,592	
190	—	—	—	—	9,90	13,20	8,910	11,880	
195	—	—	—	—	10,14	13,52	9,126	12,168	
200	—	—	—	—	10,38	13,84	9,342	12,456	
					allgemein	allgemein			
					$p_3 = 0,048\,x$	$p_4 = 0,064\,x$			
					$+ 0,78$	$+ 1,04$			
					für z Wagen auf den Cub.-Meter ist allgemein der Preis				
					$p_z = z \cdot \frac{p_3}{3}$				
					$p_z = z\,\frac{(0,048\,x + 0,78)}{3}$				

13) Bemerkungen zu der vorstehenden Preistabelle für den Transport der Bodenmassen.

1) Statt der Tabelle für Zulage auf Steigungen rechnet man auch wohl für jeden Fuss Steigung, welchen die Massen gefördert werden, Zusatz zu der Tranportweite (Alles von Schwerpunkt zu Schwerpunkt gerechnet): Veranschlagung 2 Ruthen, Ausführung 1,5 Ruthen Transportweite;

2) eine Schachtruthe brauchbare Steine aus den Abtragsmassen auszusondern, 40 Ruthen weit zu transportiren und in regelmässigen Haufen seitwärts aufzusetzen, Zulage zum Gewinnungspreise 35 bis 28 *sgr*;

3) dessgleichen Kies, welcher sich in Einschnitten zufällig findet, Zulage 30 bis 22 *sgr*;

4) für Neubeschaffung und Ergänzung sämmtlicher Transportgeräthe, incl. der Fahrbahnen, sowie sämmtlicher Geräthe zum Lösen der Erd- und Felsmassen, mit Ausnahme der von den Arbeitern zu stellenden Schaufeln und Karrseile, werden, falls nicht eine specielle Veranschlagung vorgenommen ist, von den gesammten Kosten für Lösen, Transport und Verbauen der Erd- und Felsmassen in Rechnung gestellt Procente: für Veranschlagung 15, Ausführung 10.

Für Befestigung der Böschungen und für Nebenarbeiten gelten folgende Sätze:

1) Auf- und Abtragsböschungen zu reguliren und mit mindestens 3 Zoll dickem Flachrasen gut und dicht in Verband zu belegen, dazu den Rasen zu stechen und zu transportiren und über die Fläche eine schwache Lage Erde zu streuen und in die Fugen einzufegen, auch Nässen des Bodens bei trockener Witterung: Veranschlagung 30 *sgr*, Ausführung 22 *sgr* pro □Ruthe;

2) Auf- und Abtragsböschungen zu reguliren und mit Mutterboden 6 Zoll hoch zu bedecken, incl. Gewinnung und Transport desselben, Besäen der Böschungen mit passendem Grassamen, Anschlagen und Nässen bei trockener Witterung: Veranschlagung 30 *sgr*, Ausführung 22 *sgr* pro □Ruthe.

3) Felsenböschungen in Einschnitten abzuschroten, die Theile, welche sich später lösen könnten auszubrechen und zu beseitigen, auch die vorkommenden Klüfte und Adern mit trockenem Mauerwerk oder mit guter Erde und Rasen auszufüllen, incl. Beschaffung der Erde und des Rasens: Veranschlagung 40 *sgr*, Ausführung 30 *sgr* pro □Ruthe.

4) Dammböschungen mit einer 1¼ bis 1½ Fuss starken Uferabpflasterung gegen die Strömungen des Hochwassers zu bedecken, incl. Regulirung der Böschungen, Bearbeiten der Steine, Verzwicken der unteren Schichten und Ausfüllen der oberen mit Kies und Moos, einschliesslich Beschaffung letzterer Materialien: Veranschlagung 70 *sgr*, Ausführung 64 *sgr* pro □Ruthe.

III. Tabelle der Zulagen auf Steigungen

pro Schachtruthe in Silbergroschen (unter denselben Tagelohnsbedingungen u. s. w. wie Tab. II).
Veranschlagungs-Maximalpreise für im Mittel 110 Karren auf die Schachtruthe.

Steigung.	Transportweite in Ruthen.															
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	Zulage-Preise in Silbergroschen.															
1/30	0,2	0,6	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1	5,5	5,9	6,3
1/20	0,3	0,8	1,3	1,8	2,3	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8
1/16	0,5	1,1	1,7	2,4	3,0	3,6	4,3	4,9	5,6	6,2	6,8	7,5	5,1	8,8	9,4	10,0
1/14	0,7	1,6	2,5	3,4	4,3	5,2	6,1	7,0	7,9	8,8	9,7	10,6	11,5	12,4	13,3	14,2
1/12	1,0	2,5	4,0	5,5	7,0	8,5	10,0	11,5	13,0	14,5	16,0	17,5	19,0	20,5	22,0	23,5
1/10	1,7	4,0	6,3	8,5	10,8	13,1	15,4	17,7	20,0	22,3	24,6	26,9	29,1	31,4	33,7	36,0
1/8	2,6	6,0	9,4	12,8	16,2	19,5	23,0	26,3	29,7	33,1	36,5	39,8	43,2	46,6	50,0	53,4

Für die Ausführung wird man mit 10 Proc. weniger auskönnen. — Den Betrag für eine Bodenart, von welcher z Karren auf die Schachtruthe geben, findet man, wenn man die obigen Beträge mit $\frac{z}{110}$ multiplicirt.

Für Meter-Maass (18 Karren pro Cubikmeter).

Steigung.	Transportweite in metrischen Ruthen, à 5 Meter.															
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
	Zulage-Preise in Silbergroschen pro Cub.-Meter.															
1/30	0,01	0,05	0,09	0,13	0,17	0,21	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57	0,61
1/20	0,03	0,09	0,15	0,21	0,27	0,33	0,39	0,45	0,51	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,87	0,93
1/16	0,05	0,13	0,21	0,29	0,37	0,45	0,53	0,61	0,69	0,77	0,85	0,93	1,01	1,09	1,17	1,25
1/14	0,09	0,21	0,34	0,47	0,59	0,72	0,85	0,97	1,10	1,23	1,36	1,48	1,61	1,74	1,86	1,99
1/12	0,15	0,38	0,60	0,83	1,05	1,28	1,50	1,73	1,95	2,18	2,40	2,63	2,85	3,08	3,30	3,53
1/10	0,27	0,63	1,00	1,36	1,73	2,09	2,46	2,82	3,19	3,55	3,92	4,28	4,65	5,01	5,38	5,74
1/8	0,43	0,98	1,54	2,09	2,65	3,20	3,76	4,31	4,87	5,42	5,98	6,53	7,10	7,64	8,20	8,75

IV. Tabelle der Zulagen auf Gefällen

pro Schachtruthe in Silbergroschen (unter denselben Tagelohnsbedingungen u. s. w. wie in Tab. II).
Veranschlagungs-Maximalpreis für im Mittel 110 Karren auf die Schachtruthe

Gefälle.	Transportweite in Ruthen.																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	Zulage-Preise in Silbergroschen.																			
1/16	0,3	0,5	0,8	1,1	1,4	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,7	5,0	5,3	5,5
1/14	0,4	0,8	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,3	6,7	7,1	7,5	7,9	8,3
1/12	0,7	1,4	2,[illegible]	2,8	3,4	4,2	4,9	5,5	6,3	7,0	7,6	8,3	9,1	9,7	10,4	11,1	11,8	12,05	13,2	13,9
1/10	1,1	2,3	3,0	4,5	5,[illegible]	6,7	7,8	8,9	10,0	11,1	12,2	13,3	14,5	15,5	16,7	17,8	18,9	20,0	21,1	22,2
1/5	1,7	3,3	5,0	6,7	8,3	10,0	11,7	13,3	13,8	16,7	18,3	20,0	21,7	23,3	25,0	26,7	28,3	30,0	31,7	33,3
1/6	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0	32,5	35,0	37,5	40,0	42,5	45,0	47,5	50,0

Für die Ausführung wird man mit 10 Proc. weniger auskönnen. — Für Gefälle, welche flacher als 1/16 sind, wird keine Zulage vergütet. Für eine andere Bodenart, wo z Karren auf die Schachtruthe gehen, vergl. Bemerkung zu Tabelle III.

Für Meter-Maass. 18 Karren pro Cubik-Meter.

Gefälle.	Transportweite in metrischen Ruthen, à 5 Meter.																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	Zulage-Preise in Silbergroschen pro Cub.-Meter.																			
1/16	0, 5	0,10	0,14	0,11	0,19	0,28	0,33	0,37	0,42	0,46	0,51	0,55	0,60	0,65	0,69	0,74	0,78	0,83	0,88	0,92
1/14	0,07	0,14	0,21	0,[illegible]8	0,35	0,42	0,49	0,56	0,62	0,6[illegible]	0,76	0,83	0,93	0,[illegible]7	1,04	1,11	1,18	1,25	1,32	1,39
1/12	0,12	0,23	0,35	0,47	0,58	0,70	0,82	0,93	1,65	1,17	1,28	1,40	1,51	1,63	1,75	1,86	1,98	2,10	2,[illegible]1	2,34
1/10	0,[illegible]8	0,37	0,[illegible]6	0,74	0,[illegible]3	1,11	1,30	1,49	1,67	1,86	2,04	2,23	2,42	2,[illegible]0	2,79	2,97	3,16	3,35	3,[illegible]3	3,72
1/8	0,29	0,56	0,24	1,12	1,40	1,68	1,96	2,24	2,51	2,79	3,07	3,35	3,63	3,91	4,19	4,46	4,74	5,02	5,30	5,[illegible]8
1/6	0,42	0,84	1,26	1,68	2,09	2,51	2,93	3,35	3,77	4,19	4,61	5,03	5,44	5,86	6,[illegible]8	6,[illegible]0	7,12	7,54	7,96	8,38

Einige Literatur zu dem Capitel über Erdarbeiten.

Die bemerkenswerthesten Bücher oder Aufsätze sind angekreuzt.

1) *Praktische Anleitung zum Erdbau, von L. Henz. Mit Atlas von 17 Tafeln in gr. Fol. Berlin 1867. Ernst und Korn. Zweite Auflage herausgegeben von Plessner. Ein klassisches Werk (Bodenuntersuchungen, Feststellung der Specialprojecte, Massendispositionen und Preisermittelungen; Vorbereitungen; Bildung der Abträge oder Einschnitte, der Aufträge oder Schüttungen, Bodentransporte, Nebenarbeiten, Dispositionen der Bodenbewegung, Ausführung der Arbeiten auf Rechnung, in Entreprise, Kritik beider Systeme, Bauverwaltung, Organisation des Arbeitercorps etc.).

2) *Notizen über die Ausführung von Erdarbeiten in grösserem Maassstabe bei dem Baue von Strassen, Eisenbahnen und Canälen, von C. v. Etzel. Stuttgart 1859. 4⁰ mit Atlas in Fol.

3) Nouveau manuel complet des ponts et chaussées, par J. de Gayffier. 4. édit. 2 tom. (Manuels Roret. Paris 1857 u. 1859.) 12⁰. Enthält nützliche Notizen etc. über Erdarbeiten.

4) *Ueber Erdarbeiten bei Eisenbahnen sind von Interesse: Perdonnet, traité élémentaire des chemins de fer etc. und Goschler, traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer. Paris 1865. 8⁰.

5) *Mémoire sur l'exécution des terrassements de la ligne de Busigny à Somain, par Bernard. Annal. des mines. II. 1862. p. 273—312. mit Abbild. Ein gutes Beispiel, wie Beobachtungen über Erdarbeiten zu sammeln und zusammenzustellen sind. Trace und Profil der Linie, Bodenbeschaffenheit, Geräthe, Weichen, verschiedene Kippwagen, Berechnung der Stärke der Achsen derselben, Locomotivtransporte, Ausführung der Erdarbeiten, Angriff von Einschnitten, Abladen, Details der Ausführung mehrerer Einschnitte, Anordnung der Gleise, tägliche Anzahl Wagen und gefördertes Quantum, Kosten, tabellarische Zusammenstellung der Kosten einzelner Rubriken, Mittelpreis pro Cub.-Meter, graphische Darstellung der wöchentlichen Leistungen. (Auch als Broschüre gedruckt für 5 Francs zu haben.)

6) Ueber die Arbeiten und Kosten der Eisenbahn zwischen St. Germain des Fossées und Roanne. Annales des ponts et chauss. 1859. Im Auszuge in der Zeitschrift des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins. 1864. p. 315. (Handelt auch von Kunstbauten.)

7) Ueber durchschnittliche Kosten von Erdarbeiten vergl. Martin, chemin de fer de l'Ouest in Annal. des ponts et chauss. XIV. 1857. p. 129 etc.

8) Erdarbeiten in Englisch-Indien. Description of the Madras railway by Th. Going. Civil eng. and architects Journal. April. I. 1865.

9) *Transporte von Erdmassen in Wagen auf provisorischen Bahnen, von Piarron de Mondésir. Der Ingenieur. II. 1849. p. 135—160, aus den Annal. des ponts et chauss. 1847. VI. Allgemeines, Schienen und Legen derselben, provisorische Schwellen, Legen und Abtragen, Ausweichungen, Waggons, Unterhaltung der Bahn, Schmieren der Wagen, Einladen, Herstellung des Werkplatzes im Abtrage, Kosten der Fortschaffung, verschiedene Kosten, Formel für die Transportkosten. Andere Lösung der Aufgabe von Jullien.

10) *Die Kosten der Erd- und Felsbewegungsarbeiten, von F. Hoffmann. Zeitschrift des österr. Ing.-Vereins. XIII. 1861. p. 1—8. 25—37. 69—79. 170—182. 207—210, 227—232. Einleitung, Classification der Arbeiten, Gattung. Kategorien, Gewinnungs- und Anarbeitungskosten. — Gewinnung und Beseitigung mittelst Handwurfs, Kosten der Herstellung geregelter Böschungen und Sohlen in den Material-Gewinnungsplätzen, — desgl. für Aushebungen, Abtrage und Einschnitte — der Planirungen und Herstellungen von Böschungen bei Auftragen, Gesammtkosten bei Anschüttungen und Aufdämmungen, bei An- und Einschnitten, Kosten der Aushebung bei beschränktem Raume und grösseren Tiefen. Transportkosten: mit Schiebkarren, mit zweirädrigen Karren, mit einspännigen Pferdekarren, mit zweispännigem Fuhrwerk, mit und ohne Wagenwechsel, mit vierrädrigen, durch Menschen bewegten Bahnwagen — desgl. durch Pferde bewegte, Transporte mit Wasserfahrzeugen durch Menschen, zu Berg, zu Thal — desgl. mit Hornvieh oder Pferden, Transporte auf Schifffahrtscanälen, Transporte mit Lowrys (Eisenbahnwagen) und Locomotiven. — Specielle Erd- und Felsbewegungs-Kostenberechnungen. — Beispiele.

11) Construction des formules de transport pour l'exécution des terrassements, par M. Dinan. In 8⁰. 78 pag. avec tableaux entercalés. Paris 1859. Victor Masson. 3 Frcs. Formeln für die Preise bei Transporten mit Karren, Handwagen und Waggons, wie sie beim Dienste der Ingenieure des ponts et chaussées gebraucht werden. Organisation eines Bauplatzes. Beispielsweise Veranschlagung eines Loses bei Erdarbeiten.

12) Berechnung der Kosten der Erd- und Felsbewegungs-Arbeiten bei Strassen und Eisenbahnen in: Becker, ausgeführte Constructionen des Ingenieurs. 5. Band der Ingenieurwissenschaften, Heft III. Mit graphischen Darstellungen.

13) Etude sur l'établissement des formules de transport (à la brouette, à la voiture, au wagon, avec machines locomotives), in dem sub 4 citirten Werke von Goschler. Tome I., pag. 532.

14) Ueber Erdarbeiten, Leistungen der Arbeiter beim Gewinnen, speciell beim Sprengen, durchschnittliche Kosten von Erdarbeiten, Geschwindigkeit bei Pferdetransporten etc., in dem Aufsatze: Die Bauanlagen der Rhein-Nahe-Bahn. Berliner Bauzeitung. XII. 1862. p. 522—525.

15) Classification der Bodenarten für die Gewinnung bei der schweizerischen Centralbahn, in Eisenbahnzeitung. 1854, p. 41, aus der Dienstanweisung von Etzel für die schweizerischen Bahnen.

16) *Ueber Erdbegleichung und Transportweiten, in: Vorlegeblätter zur Strassen- und Eisenbahn-Baukunde, von G. Bauernfeind.

17) Vortheilhafte Anordnung der Erdtransporte, um ein Minimum von Masse mal Weg zu erhalten, in Culmann's graphischer Statik. Auch Franke, das Massennivellement. Zeitschrift des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins. 1868.

18) Bestimmung der mittleren Zufuhrdistanz für die Herbeischaffung des Strassendeckstoffes von den Materialplätzen auf die zu beschaffenden Strassenstrecken, von Rebhann. Zeitschrift des österr. Ing.-Vereins. X. 1858. p. 105—109. Abbild. Gewinnungsstelle mit 1 oder 2 Zufuhrwegen, mehrere Gewinnungsstellen. Untersuchung, wie weit von jeder das Material zu verfahren, damit die Transportleistung ein Minimum werde. Aehnliche Rechnungen können bei Erdarbeiten z. B. bei Seitenentnahmen etc. vorkommen.

19) *Ueber Erdförderung auf Interimsbahnen, von Mohr. Zeitschrift des hannov. Arch.- u. Ing.-Vereins. XI. 1865. p. 139 etc. Abbild. (Arbeiten am Gewinnungsorte, im Einschnitte, am Abladeorte mit Sturzgerüst.) Bedarf an Arbeitern, Pferden und Wagen, Kosten der Arbeit, tabellarische Zusammenstellung der Leistungen und Kosten.

20) Ueber Leistungen der Menschen bei Karrentransporten auf der Horizontalen sowie auf Steigungen und die dafür zu zahlenden Preise, von v. Kaven. Notizblatt des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. II. p. 311. (Transport und Gewinnungstabellen, Versuch einer theoretischen Bestimmung der günstigsten Steigung.)

20a) *Einfluss der Steigungen beim Transporte durch animalische Kräfte, von Professor E. Winkler in Wien. Mittheilungen des Arch.- und Ing.-Vereins für Böhmen. Jahrgang III. 1868. p. 58—66.

21) *Recherches sur les lois expérimentales; du tassement des remblais, par M. Carvallo. Mém. et compte rendu des trav. des ing. civ. 1860. p. 313—334. A; auch als Broschüre gedruckt; im Auszuge in Revue universelle. 4. année. 3. livr. p. 489. 20 Beobachter haben 1480 Profile beobachtet; daraus über das Setzen der Dämme gezogene Schlüsse. — Gesetz des Setzens wegen der Höhe der Dämme bei gleichem Schüttmaterial und gleicher Ausführung. — Abhängigkeit von der Art des Transports und der Ausführung. — Abhängigkeit von der Bodenart bei gleicher Transportmethode. — Abhängigkeit von der Zeit bei verschiedenen Höhen, verschiedenen Erdarten und Transportmethoden.

22) Mittheilungen über den Bau von Eisenbahndämmen durch Moorstrecken, insbesondere an der Bremen-Geeste-Bahn, vom Ingenieur Schmidt zu Cassel. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. X. 1864. p. 224. Abbild. (Entstehung der Moore, Eigenschaften des Moores, Herrichtung von Wegen auf Moorstrecken, Bahndämme im Viehmoor, 35 Fuss tief.)

23) *Mémoire sur l'établissement des travaux dans les terrains vaseux de Bretagne, par Croizette Desnoyers. Annales des ponts et chauss. VII. 1864. p. 273—396. Abbild. Auch als Broschüre gedruckt, 5 Francs. Auszug von Göring, unter dem Titel: Ausführung von Eisenbahnen in Moorgegenden, in der Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. XI. 1865. p. 271 etc. Abbild. (Dammschüttungen, welche einsinken, Verbrauch an Material, Fundirungen von Brücken, vorher Schüttung um Schlamm zu verdrängen, künstliche Fundirung.)

24) Entwässerung von Moorgrund, um eine Eisenbahn darauf zu legen. Civ. Eng. and Archit. Journ. XIV. 1851. p. 613. (Anordnung von Drainirungsgräben, worin hölzerne Drains gelegt wurden, der getrocknete Moorboden später zum Ausfüllen der Gräben verwandt.)

25) Beitrag zur Bahngründung im Moorgrunde. Eisenbahnzeitung. VIII. 1850. p. 41. Abbild. (Im Haspelmoor zwischen München und Augsburg. Entwässerung. Löcher ausgegraben und schachbrettartig Thonpfeiler, oben 3 Fuss, unten $1\frac{1}{2}$ Fuss im Quadrat hineingeschüttet, darauf der Damm. Versuche. Resultate.)

26) Schüttung eines Dammes durch Schlamm, Ausrutschen von Dämmen und Mittel dagegen, Einrutschen von Böschungen etc. in: Ueber die Arbeiten und Kosten der Eisenbahn zwischen St. Germain des Fossés und Roanne. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. X. p. 315, aus den Annal. des ponts et chauss. 1859. Septbr., Octbr.

27) Der Damm durch das Laibacher Moor auf der k. k. südlichen Staats-Eisenbahn von Wien nach Triest. Zeitschrift des österr. Arch.- und Ing.-Vereins. X. 1858. p. 11—12. Abbild. 1246 Klafter lang, 6 Fuss Torf, darunter halbflüssiger Thon von 2—8 Klafter Tiefe. Entwässerung durch Längsgräben, Befestigung der Dammfüsse durch Steinschüttungen. Profil, worin Bohrversuche angegeben. Damm 12 Fuss über Moor, 30 — 45 Fuss darunter, auf dem Sande ruhend. Vergl. auch Reisenotizen von der k. k. österr. südl. Staats-Eisenb. von Plessner. Berl. Bauzeitung. III. 1853. p. 551. Abbild.

28) Der Eisenbahndamm durch den Bodensee, von Fries. Försters Bauzeitung. XX. 1855. p. 188—191. Abbild. Ueber 26—40 Fuss tiefen Schlammboden, aussen Pfahlwand und grössere Bruchsteine, der Kern von Kies, 1900 Fuss lang, bei circa 20 Fuss Wassertiefe. Im Auszuge auch im Organ für Fortschr. des Eisenb.-Wesens. X. 1855. p. 138—142. Abbild., auch in der Eisenbahn-Zeitung. XIII. 1855. p. 142.

29) Dammschüttung durch den Möllner See bei der Lübeck-Büchener Eisenbahn, von Hoffmann. Berl. Bauzeitung. II. 1852. p. 58. (40 Fuss tiefer Morast, darunter 25 Fuss Wasser.) Auch im Polyt. Centralblatt. XIX. 1853. p. 94—95.

30) Ueber den Bahnbau auf der Linie Rosenheim-Salzburg und insbesondere am Simsee, von Pauli. Zeitschrift des österr. Ing.-Vereins. XII. 1860. p. 107—108; auch im Organ für Fortschr. des Eisenb.-Wesens. 1861. p. 74—76. (Anlagen von Dämmen und Einschnitten bei Höhentorfmooren, in Seebecken [Schlick] oder auch Terrain mit schlüpfrigen Lehmschichten. Beschreibung der Consolidation.)

31) *Bemerkungen über die Bedingnisse des Gleichgewichts der Erdmassen und über die Bekleidung der Böschungen, von de Sazilly. Zeitschrift des österr. Ing.-Vereins. IV. 1852. p. 25—30, 33—38, 45—53, 57—64, 69—74, 81—87, 224—227. Abbild. Uebersetzt aus Annal. des ponts et chauss. I. 1851. p. 1. Abbild. Bedingungen des Gleichgewichts für eine Erdmasse, Bestimmung der Böschungswinkel und anzunehmenden Böschungen, Angabe der vorzügl. Maassregeln zur Verhütung von Beschädigungen der Böschungsoberflächen: Schutzgräben am Rande des Einschnittes, Bermen, Besamung und Bepflanzung, Faschinen, Rasen, Mauerwerksverkleidungen. — Praktische Anwendungen, Beispiele, Bestimmung der Böschung bei Einschnitten, desgl. bei Dämmen. — Anhang: Ueber die Gestalt einer cohärirenden Erdmasse im Zustande des Gleichgewichts, über Banquettmauern der Bettung bei Eisenbahnen. II. Abschnitt. Ursachen des Einsturzes bei thonigen und Wasser führenden Erdmassen, Mittel zur Vorbeugung und Wiederherstellung: Eigenthümlichkeit der thonigen Erde, Ursachen des Einsturzes bei Einschnitten, Rutschflächen. — Grundsätze für das Verfahren bei der Befestigung von Einschnitten: Ableitung innerer Gewässer, Bekleidung thoniger Böschungen, Steinrinnen oder Mulden, deren Gefälle, praktische Regeln. Beispiele von befestigten Böschungen, Kosten der Befestigungsarbeiten. — Dämme: Ursachen der Abrutschung, kann man Dämme von thonigem Boden errichten? Dämme mit Mittelkörper von Thon, Dämme über thonigem Grunde, Befestigung aus Thon gebildeter Dämme. — Beweisschriften für die Brauchbarkeit der Methode von de Sazilly. — Zahlreiche Abbildungen. Ein interessanter Aufsatz.

32) Collin, recherches expérimentales sur le glissement des terrains argileux, accompagnées de considerations sur quelques principes de la mécanique terrestre. 2 vol. in 4⁰ dont 1 de planches. 17 Francs.

33) *R. Bruère; Traité de la consolidation des talus, routes, canaux et chemins de fer. Contenant des explications fort étendues sur les causes des éboulements, la description des procédés de consolidation, le prix de revient obtenu pour 296000 mètres quarrés de talus et une analyse des systèmes les plus connus avec un examen de ces principes. Accompagné d'un atlas in 4° de 25 planches in 18 jésus, 322 pag. Paris. 1862.

Kritik und Auszug des Werkes von Bruère in Berl. Bauzeitung. XIII. 1863. pag. 523 — 526.

34) *Ueber Befestigung und Consolidation von Böschungen, auch ausführlich in Nouveau portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer, par Perdonnet et Polonceau, und in Traité élémentaire des chemins de fer, par Perdonnet. Auch in Henz „Der Erdbau".

35) *Ueber Unterhaltung, Bekleidung und Sicherung der Böschungen bei Dämmen und Einschnitten, Band I. pag. 23; und über Besäen, Berasen und Bepflanzen von Böschungen, Band I. pag. 162 des Werkes: Goschler, traité pratique de l'entretien et de l'exploitation des chemins de fer. Paris 1865.

36) Wiederherstellung eingestürzter Böschungen von Einschnitten der französ. Westbahn. Vergl. Martin, Chemin de fer de l'Ouest etc. Annales des ponts et chaussées. XIV. 1857. pag. 129 etc. Abbild. (Trockenmauerwerk, Steinpflasterung, Ableitung des Wassers etc.)

37) Ueber Erdeinstürze bei Eisenbahnbauten mit besonderer Beziehung auf Einstürze im London clay. Förster's Bauzeitung. 1845. X. pag. 242 — 260. Abbild. (Verfahren zur Consolidation der Böschungen der Einschnitte und Dämme.)

38) Consolidation des talus de la tranché de Glomel au Canal de Nantes à Brest, par Deschamps de Pas. Annales des ponts et chaussées. V. 1843. pag. 78 — 115. (Beschreibung und Kosten.)

39) *Ueber ausgeführte Entwässerungen und Meliorationen bei Eisenbahnen, von Plessner. Organ für Fortschritte des Eisenbahnwesens. IX. 1854. pag. 63 — 73. (Durch Drainirung, Kosten, Grösse und Gefälle der Drains bei geforderter Leistung, Beispiele der Detail-Anordnung ausgeführter Drainirungen und deren Leistungen und Kosten.)

40) Ueber die Entwässerung des Bahnplanums, von Plathner. Berliner Bauzeitung. VI. 1856. pag. 425. Abbild. (Empfiehlt genügende Tiefe und Gefälle der Gräben, Seitenentwässerung des Kieses auf der ganzen Länge desselben, event. Drainage.)

41) Faits de drainage; débit des terres drainées; position des plans d'eau souterrains; résultats d'expériences, conduisant à des règles pour la détermination des écartements à donner aux drains dans certains terrains; par S. Delacroix, ingénieur des ponts et chaussées; 18. 84 pag. 1859.)

42) Zur Ausführung von Einschnitten in schlammigem Grunde, von Pressel. Eisenbahnzeitung XI. 1853. pag. 1 — 2. Abbild. (In Triebsand durch Drainirung mittelst Sickerdohlen und Entziehung des Wassergehalts mittelst Pumpen vor der Ausgrabung.)

43) De l'obstruction des tuyaux de drainage et des moyens d'y remédier par H. Mangon. Génie industriel XIII. 1857. pag. 284 — 289.

44) Verstopfung von Drainröhren und Mittel, sie zu verhindern, von Vianne, Nouvelles annales de la construction, par Oppermann. III. 1857. pag. 32 — 34. 87 — 88.

45) Drainirung von Einschnitten, Bohrer für die Drains, Anbringung der Drains in Löcher, welche in die Böschungen gebohrt werden, in dem Werke „die Bauwerke der herzogl. Braunschweigschen Südbahn, von Börssum nach Kreiensen". Braunschweig 1858.

46) Hülfstafeln bei Berechnung des Inhalts von Erdarbeiten, beim Bau der Eisenbahnen, Chausseen, Canäle etc., von Henz 1854.

47) Ueber neue Tafeln zur Berechnung von Erdarbeiten, von Jul. Macaire, in der Zeitschrift: „Der Ingenieur". I. 1848. pag. 354 — 402 A. (Ableitung von Formeln, Einrichtung der Tafeln, Beschreibung derselben, numerische Beispiele, Schema des Berechnungsbuches, Grenzen der Tafeln, graphisches Verfahren etc.) Aus Annales des ponts et chaussées. 1846. März, April.

48) *Einfache Formeln zur Berechnung des cubischen Inhalts von Erdkörpern, wie sie in der Praxis angewendet zu werden pflegen, in Weisbach's „Ingenieur"; Henz, „Der Erdbau"; Plessner, „Veranschlagen von Eisenbahnen"; Stampfer, „Nivelliren etc."; Gayffier, Manual des ponts et chaussées.

49) Beschreibung einer neuen Methode, den cubischen Inhalt von Teichen zu bestimmen, von G. E. Röting. Der Ingenieur. I. 1848. pag. 74 — 92. Abbild. (Parallele Querprofile und Simpsonsche Regel. Beschreibung der Ausführung einer Messung und Beispiele).

50) Die Aufnahme und Cubirung von Bergen und Halden, von Jul. Weisbach. Civil-Ingenieur. I. 1854. pag. 33 — 35. Abbild. (Aufnahme von Querprofilen, Simpsonsche Regel, Beispiele. Ergänzung dazu, pag. 123 — 124). Darstellung von Bergen und Halden durch geeignete Schraffirung.

51) Notizen zur Raumermittelung krummer Rampen und ähnlicher Körper, von Schönbichler. Zeitschrift des österreich. Ingen.-Vereins. VIII. 1856. pag. 241 — 244. Abbild.

52) Ueber die Berechnung von Erdmassen, welche aus sogenannten Seitenausstichen oder Seitenentnahmen erfolgen, dessgleichen von Erdarbeiten an Brückenkegeln, dessgleichen von Auf- und Abträgen in Krümmungen, von Sommer. Berl. Bauzeitung V. 1853. pag. 479 — 489. Abbild.

53) Verfahren zur Berechnung ungleich hoher Dammkörper, von Hartwig, in Romberg's Bauzeitung. 1857.

54) *Hülfsmittel für Erdberechnungen bei Eisenbahn-Vorarbeiten, von Redlich. Berliner Bauzeitung. XIV. 1864. pag. 283 — 286. Abbild. Abgreifen der Erdmassen in Schachtruthen, von einem Maassstabe, dessen Construction hergeleitet wird.

55) Diagramm zur Erleichterung der Berechnung von Auf- und Abträgen, von W. Bell, Civil-Ingenieur. IV. 1858. pag. 254 — 255. Graphische Darstellung, woraus für beliebiges Maass der Cubikinhalt von Dämmen oder Einschnitten abgegriffen werden kann. Aus The Engineers and Contractors pocket book for the year 1858.

56) *Tableaux graphiques faisant connaître sans calculs les surfaces des profils et les cubes des terrassements en terrain incliné, pour toutes les largeurs des plateformes et toutes les hauteurs de déblai ou de remblai, par E. Mathieu. Nouvelles Annales de la construction par Oppermann 1865 und 1866.

57) Hülfstafeln zur leichten und genauen Bestimmung aller im Bau- und Oekonomiewesen vorkommenden abgestutzten Pyramiden, von Schönbichler. Zeitschrift des österr. Ing.-Vereins. VIII. pag. 179 – 183. (Zur Berechnung von Erdkörpern etc.)

58) *Ueber die Auffindung der Schwerpunkte von Linien, Flächen und Körpern, mittelst Zirkel und Lineal, von J. Popper. Zeitschrift des österr. Ing.-Vereins. XII. 1860. pag. 6 – 10. Abbild., mit zahlreichen Beispielen.

59) Ueber die Anwendung graphischer Tabellen und der anamorphischen Geometrie bei der Auflösung mehrerer d. Ingenieurkunst betreffenden Aufgaben, von Léon Lalanne, in „Der Ingenieur". I. 1848. pag. 162 – 206.

60) Graphische Darstellung der statischen Momente für die Massenvertheilung und Transportbestimmung bei Erdarbeiten, von Toth de Felsö-Szopor. Wien 1859.

61) Ueber die Vertheilung der Massen, um ein Minimum von Transportarbeit zu erhalten; siehe Culmann's „Graphische Statik", und Franke: „Das Massen-Nivellement" in Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. 1868.

62) Method of calculating excavation and embankment, by G. A. Simonson. Artiz. XIV. 1856. pag. 101 – 102. Ableitung einer abgekürzten Formel zur Berechnung eines unregelmässigen Prismas.

63) The Pleonometer, by Dillon. Civil Engineer and Archit. Journal. XXI. 1858. pag. 78. Abbild. Instrument, um die Breite für Dämme und Einschnitte auf geneigtem Terrain zu bestimmen.

64) On a stereometric tablet for the computation of earthwork, by J. Warner of Philadelphia. Artizan XXI. 1863. pag. 82 – 84. Abb. (Vortrag in der Institution of Engineers of Scotland.) Beschreibung eines Instruments zur Berechnung des cubischen Inhaltes bei Erdarbeiten, mit Beispielen. Auch in Civil Engineer and Archit. Journ. März 1. 1863.

65) The Kremnometer, by Wilson. Pract. Mech. Journ. XI. 18⁵⁸/₅₉. pag. 323. Abb. Auch in Civil Engineer and Arch. Journ. XXII. 1859. pag. 40. A. (Instrument, um Böschungen zu messen und Breiten von Dämmen und Einschnitten abzustecken.)

66) Railway slopes and side widths, by Th. Cargill. Civil Engineer and Archit. Journ. XXVII. 1864. pag. 113 – 115. Abb. (Berechnung und Abstecken der Breite von Dämmen und Einschnitten, nach auf der Quere geneigtem oder undulirendem Terrain. Vergl. auch pag. 147 und 148. (Auch Kremnometer).

67) A manual of earthwork, by Graham. London C. E. Lockwood and Comp. 1863. (Ausstecken von Curven und Cubicirung von Erdarbeiten, mathemat. Ausdrücke für unregelmässig geformte Erdkörper etc.)

68) Methods to find the contents of railway cuttings and embankments, by O. Byrne. Civ. Eng. and Arch. Journ. XXVII. 1864. pag. 341 – 343.

Abbild. (Verwandlung des von unregelmässigen Linien begrenzten Querschnittes, in eine dreieckige oder trapezförmige Figur, die, von geraden Linien begrenzt, leicht zu berechnen ist. Beispiele.)

69) *Railroad cuttings and embankments, side depths and side stakes, by O. Byrne. Civil Engineer and Arch. Journ. pag. 23—25, 57—59. Abbild. Jahrgang XXVII. 1864. (Bestimmung der oberen Breite von Einschnitten oder der Unterbreite von Dämmen bei seitlich abfallendem oder undulirendem Terrain, durch Rechnung, und Verfahren beim Abstecken. Vergl. auch pag. 55, andere Methode. Auch pag. 83, wo eine bessere Methode von Baker empfohlen wird.

70) Gayffier, Nouveau manuel des ponts et chaussées. 1857. I. partie. pag. 224. Méthodes abregées de calcul des terrasses. Methode von Fourier, auch daselbst, pag. 253. Compensation der Auf- und Abträge.

71) *Ueber Veranschlagung von Erdarbeiten; kurz und übersichtlich in „Anleitung zum Veranschlagen der Eisenbahnen, nebst Preisermittelungen zur Feststellung der Baukosten", von Ferdin. Plessner. 2. Auflage. Berlin 1866. Ernst & Korn.

IX.

Ueber einige empirische Verfahrungsarten, die Durchflussweite von kleineren Brücken aus der Grösse des Niederschlagsgebietes zu bestimmen.

(Hierzu Fig. 1—12 auf Taf. II.)

Bei Ermittelung des Wasserquantums, welches Brücken bei Hochwasser abzuführen haben, pflegt man wohl, wenn andere Daten nicht vorliegen, die Bestimmung der Durchflussweite unter Zugrundelegung der Grösse des Niederschlagsgebietes und einer gewissen abzuführenden Regenhöhe vorzunehmen. Es soll im Folgenden untersucht werden, inwieweit die Form des Niederschlagsgebietes, die Neigung desselben, die Dauer des Regens und sonstige Vorkommnisse bei diesen Bestimmungen in Frage kommen, um die im Eingange gefundenen Resultate in gegebenen Fällen der Localität entsprechend modificiren und sich Rechenschaft über die Zuverlässigkeit des erlangten Resultats geben zu können. Zuerst ist eine einfache theoretische Betrachtung über die Wassermenge erforderlich, welche von einem Hange von bestimmter Neigung bei einer gewissen Stärke und Dauer des Niederschlages abfliesst.

1) Bestimmung des von Hängen abfliessenden Wasserquantums bei einer gewissen Dauer des Niederschlages.

Es sei AB, Fig. 1, Taf. II., ein Hang von der Länge L, der Neigung α und der Breite gleich Eins, auf welchen während der Zeit t Regen fällt. Die pro Zeiteinheit von der überhaupt fallenden Niederschlagshöhe zum Abfluss gelangende, sei h, und v sei die als gleichmässig vorausgesetzte Geschwindigkeit, mit welcher das Abfliessen des Niederschlages erfolgt. Nach Aufhören des Regens ist dann der schraffirte Theil, dessen Inhalt

$$= \frac{vt \cdot ht}{2} = \frac{hvt^2}{2},$$

während der Zeit t abgeflossen. Da die abfliessende Wassermenge gleichmässig von 0 bis t wuchs, so ist, wie Fig. 1 auch ergiebt, die grösste Wassermenge pro Zeiteinheit hvt gewesen, so dass also die abgeflossene

$$= \frac{(0 + hvt)\,t}{2} = \frac{hvt^2}{2}$$

ist. Die Maximalwassermenge pro Zeiteinheit, welche für den Querschnitt eines bei A zu erbauenden Durchlasses in Frage kommt, ist also

$$1)\quad w = hvt$$

und diese Wassermenge pro Zeiteinheit wird auch, wenn z die Zeit ist, in welcher ein bei B gefallener Tropfen nach A gelangt, bei A während der Zeit (z — t) durchfliessen, worauf sie während der Zeit t wieder bis 0 abnimmt. Damit ist das gesammte gefallene Wasser verlaufen. Diese gesammte Wassermenge beträgt also, wenn man addirt,

$$Q = \frac{hvt^2}{2} + ht \cdot v\,(z - t) + \frac{hvt^2}{2} = hvt \cdot z.$$

Aber es ist nach der Voraussetzung $vz = L$, mithin ist auch $Q = Lht$, also gleich der auf die Fläche L während t gefallenen Wassermenge, wie es nicht anders sein kann.

Die grösste Wassermenge pro Zeiteinheit war also

$$w = hvt,$$

und will man diese als Theil der auf der ganzen Fläche L gefallenen Wassermenge ausdrücken, da man das gesammte Niederschlagsgebiet bei dergleichen Bestimmungen zu ermitteln pflegt, so hat man nach der Figur $v = \frac{L}{z}$ und, dies substituirt, erhält man auch die grösste Wassermenge pro Zeiteinheit während eines t dauernden Regens

$$w = \frac{ht \cdot L}{z} = hL \cdot \frac{t}{z}.$$

Diese Wassermenge wird die grösstmögliche, welche von diesem Hange überhaupt bei der Regenhöhe h erfolgen kann, wenn $t = z$ wird; dann ist

$$w = hL,$$

d. h. die gesammte Wassermenge, welche pro Zeiteinheit gefallen ist, fliesst auch in der Zeiteinheit ab, und wenn von da ab der Regen auch beliebig lange dauerte, kann doch nicht mehr Wasser pro Zeiteinheit erfolgen. Dieses Maximum tritt ein, wenn der erste bei B gefallene Tropfen nach Verlauf von z bei A angelangt ist, so dass dann die Summe sämmtlicher Wassertropfen bei A vorhanden ist. Die graphische Darstellung gestaltet sich dann wie Fig. 2, wo diese Maximalwassermenge im Augenblicke des Scheitelstandes abfliesst.

Es folgt auch noch, dass die ganze Zeit des Verlaufs in jedem Falle $t + z$ sein muss, nämlich t bis zum Anschwellen, $z - t$ für den Beharrungszustand und t für das Abschwellen oder Verlaufen. Die Länge des Hanges, welche bei einem Regen von der Zeit t gerade einen Scheitel ergeben würde, also $L = vt$, möge die Normallänge L_n genannt werden.

2) Wassermengen bei Hängen verschiedener Höhe und Länge, wenn letztere kürzer als die Normallänge ist.

Wenn der Regen lange genug dauert, so dass $vt = L$ ist, wird also von einem Hange pro Zeiteinheit die Maximalwassermenge hLB, wenn B die Breite desselben, oder weil $LB = F =$ der Fläche des Niederschlaggebietes ist, Fh abfliessen. Dauert der Regen aber nicht so lange, dass bei einer der zu vergleichenden Hänge die ganze Länge durchlaufen wird, so ist also

$$w = hvt \text{ pro Zeiteinheit.}$$

Benutzt man nun die für gleichförmige Bewegung des Wassers gebräuchliche Formel $v = \varphi \sqrt{\frac{\alpha q}{p}}$, worin φ ein Erfahrungscoefficient, α das Gefälle $= \sin \alpha$ oder $\tang \alpha = \frac{H}{L}$ und q der Querschnitt, p der benetzte Perimeter sind, so kann man, wenn von gleichen Zuflussgebieten, die sich nur bezüglich ihres Abhanges unterscheiden, bei gleicher Regenhöhe resp. gleicher abfliessenden Niederschlagsmenge die Rede ist, das Verhältniss der Geschwindigkeiten annähernd ausdrücken durch

$$v : v_1 = \sqrt{\tang \alpha} : \sqrt{\tang \alpha_1},$$

und da sich bei gleichem h und gleichem t die Wassermengen auch wie die Geschwindigkeiten verhalten, so kann man auch setzen:

$$w : w_1 = \sqrt{\tang \alpha} : \sqrt{\tang \alpha_1}$$

$$w : w_1 = \sqrt{\frac{H}{L}} : \sqrt{\frac{H_1}{L_1}};$$

also verhalten sich die Wassermengen pro Einheit der Breite bei Hängen von verschiedenen Längen und Höhen, wie die Wurzeln aus den Quotienten von Höhe durch Länge, oder wie die Wurzeln aus der Tangente der Neigung, oder wie die Geschwindigkeiten des Abflusses[1]).

Dies gilt, so lange $L_1 > v_1 t$ und $L > vt$ ist, so lange also die Länge der Schluchten grösser als die Normallänge ist.

3) Bestimmung des Erfahrungscoefficienten μ.

Es war angenommen

$$v = \varphi \sqrt{\frac{\tang \alpha \,.\, q}{p}},$$

wofür, wenn man bei gleichem α und t den Werth $\frac{q}{p}$ constant setzt, man schreiben kann $v = \mu \sqrt{\tang \alpha} = \mu \sqrt{\frac{H}{L}}$. Nun ist aber auch $v = \frac{L}{z}$, also auch

$$\mu = v \sqrt{\frac{L}{H}} = \frac{L}{z} \sqrt{\frac{L}{H}},$$

wonach man, wenn die Werthe rechts durch Messung ermittelt sind, μ bestimmen könnte. Dieser Werth würde bei annähernd gleicher Oberflächenbeschaffenheit zweier Hänge auch annähernd derselbe sein und zu einer rohen Schätzung der Wassermenge eines Hanges benutzt werden können; indem man hat $w_1 = h v_1 t$ und $v_1 = \mu \sqrt{\frac{H_1}{L_1}}$, erhält man

$$w_1 = ht \frac{L}{z} \sqrt{\frac{L H_1}{H L_1}}.$$

Diese Gleichung gilt, entsprechend dem Obigen, so lange $L_1 > v_1 t$ oder $L_1 > \mu \sqrt{\frac{H_1}{L_1}}\, t$ und $L > \mu \sqrt{\frac{H}{L}} \,.\, t$ sind.

Diese Betrachtungen gelten auch annähernd für ein Thal von der Form eines Parallelogrammes im Grundriss, dessen Länge zur Breite gross ist, und wo man die Zeit, in welcher das Wasser von den seitlichen Hängen bis zu

[1]) In einem Thale, dessen Abhang z. B. das Neunfache eines anderen (im übrigen gleichen) Thales beträgt, wird sich eine Abflussgeschwindigkeit entfalten, welche dreimal so gross als die in dem minder geneigten ist. Diese grössere Abflussgeschwindigkeit wird unter allen Umständen eine verhältnissmässig grössere Wassermenge zusammendrängen, sie wird den atmosphärischen Niederschlag der stärker geneigten Ebene von dreimal weiter entlegenen Flächen-Elementen, als in der minder geneigten gleichzeitig herunterführen, und sonach den grössesten Werth des Abflusses von einem noch ausgedehnteren Raume als dem dreifachen des weniger geneigten bewirken.

dem mittleren Schlauch herabfliesst, daher genau genug gleich der Zeit setzen kann, welche das Wasser für eine Länge gleich der des seitlichen Hanges in dem Hauptschlauch BC zurücklegt, was nicht genau ist, weil das concentrirte Wasser hier rascher als auf den Seitenhängen in dünnen Schichten abfliesst, so dass für den mittleren Lauf der Coefficient μ grösser sein würde. Ist diese Voraussetzung über die Form des Thales nicht begründet, so wird man, wie später folgt, den Einfluss einer anderweitigen Form berücksichtigen müssen. Für die Länge L wird man dann die Länge des mittleren Wasserlaufs BC plus der Länge des Hanges AB annehmen müssen, und für die Breite die mittlere Breite DE zwischen den Hängen, welche das Wasser dem mittleren Lauf zuschicken, setzen müssen. (Fig. 3.)

Beispiel. — Sei für ein Seitenthal L = 5841 Meter die Länge und H = 2,92 Meter und ermittelt sei $\mu = 5{,}81$, so ist, wenn es während 3 Stunden = 10800 Secunden regnet, und pro Stunde $\frac{1}{42}$ Fuss hann. = $\frac{1}{143{,}8}$ Meter, oder pro Secunde $\frac{1}{143{,}8 \, . \, 3600}$ Meter zum Abfluss gelangt, die Maximalwassermenge pro Secunde beim Aufhören des Regens

$$w = \mu h t \sqrt{\frac{H}{L}}$$

$$w = 5{,}81 \, . \, \frac{1}{143{,}8 \, . \, 3600} \, . \, 3 \, . \, 3600 \sqrt{\frac{1}{2000}}$$
$$= 0{,}002721 \text{ Cubikmeter}$$

für die Breite von 1 Meter des Thales.

Ist $t = \frac{L}{\mu \sqrt{\frac{H}{L}}} = \frac{5841}{5{,}81 \, . \, \frac{1}{44{,}72}} = 44720$ Secunden = 12,422 Stunden, so tritt das Maximum ein, vorausgesetzt, dass die Geschwindigkeit, oder auch μ sich nicht änderten,

$$w_{max} = 5{,}81 \, . \, \frac{1}{143{,}8 \, . \, 3600} \, . \, 44720 \, . \, \frac{1}{44{,}72}$$
$$= 0{,}01128 \text{ Cubikmeter}$$
$$= L h.$$

Sind für eine andere Schlucht von derselben Oberflächenbeschaffenheit $L_1 = 8761{,}7$ Meter und $H_1 = 5{,}84$ Meter, so ist bei demselben Regen

$$w_1 = 5{,}81 \, . \, \frac{1}{143{,}8 \, . \, 3600} \, . \, 3 \, . \, 3600 \sqrt{\frac{1}{1500}}$$
$$= \frac{5{,}81}{143{,}8} \, . \, \frac{3}{38{,}73} = 0{,}003146 \text{ Cubikmeter}$$

für eine Breite = 1 Meter.

Die Wassermengen müssen sich also nach dem Früheren verhalten:

$$w_1 : w = \sqrt{\frac{H_1}{L_1}} : \sqrt{\frac{H}{L}} = \frac{1}{38{,}73} : \frac{1}{44{,}72},$$

oder $0{,}003146 : 0{,}002724 = 44{,}72 : 38{,}73$, was auch der Fall ist, da $0{,}003146 \cdot 38{,}73 = 0{,}002724 \cdot 44{,}72 = 0{,}1218$ ist.

Die Zeit des Regens, für welche bei dieser Schlucht das Maximum eintritt, vorausgesetzt, dass sich die Geschwindigkeit oder auch μ nicht änderte, ist

$$t_1 = \frac{L_1}{\mu\sqrt{\frac{H_1}{L_1}}} = \frac{8761{,}7}{5{,}84\sqrt{\frac{1}{1500}}}$$

$$= 1500 \cdot 38 \cdot 73 = 58095 \text{ Secunden}$$

$$= 16{,}14 \text{ Stunden.}$$

Dann ist

$$w_{1\,max} = 5{,}84 \cdot \frac{1}{143{,}8 \cdot 3600} \cdot 58095 \cdot \frac{1}{38{,}73}$$

$$= 8761{,}70 \cdot h$$

$$= 0{,}017 \text{ Cubikmeter}$$

pro Secunde für 1 Meter Breite.

Ist nun die eine Schlucht B breit, die andere B_1, so verhalten sich die Wassermengen für jeden Regen, der kürzer als 12,422 Stunden dauert, wie

$$0{,}002724\,B : 0{,}003146\,B_1$$

und ist vor dem ersten Thal L eine Brücke von a Weite genügend gefunden, so ist, vorausgesetzt, dass bei L_1 der Wasserlauf dieselbe Tiefe über der Sohle beim höchsten Stande erhalte, und dass wegen der Bodenbeschaffenheit dieselbe Geschwindigkeit zulässig ist, wenn a, resp. a_1 die Weiten der Brücken sind

$$a : a_1 = 0{,}002724\,B : 0{,}003146\,B_1$$

oder

$$a_1 = \frac{0{,}003146\,B_1}{0{,}002724\,B} \cdot a,$$

wobei selbstredend die Abflussverhältnisse der neuen Brücke der Art sein müssen, dass sich die vorausgesetzte Geschwindigkeit auch einstellen könne.

4) Vergleichung der Wassermengen pro Quadrateinheit des Niederschlagsgebietes.

Vergleicht man nun die Wassermengen pro Quadrateinheit jedes ganzen Thales, welche während eines Regens t aus zwei verschiedenen Thälern erfolgen, von denen jedes länger als die Normallänge ist, so ist zuerst klar, dass bei gleicher Neigung und Bodenbeschaffenheit, also bei gleicher Geschwindigkeit des Abflusses, die gelieferten ganzen Wassermengen bei gleicher Breite der Thäler gleich sein müssen, also müssen sich die pro Quadrateinheit des ganzen Thales zum Abfluss gelangten Wassermengen verhalten wie umge-

kehrt die Flächen, oder für gleiche Breiten wie umgekehrt die Längen. Sind m, resp. m_1 diese Wassermengen pro Quadrateinheit, so ist also aus diesem Grunde

$$m : m_1 = L_1 : L \quad \text{oder}$$

$$\frac{m}{m_1} = \frac{L_1}{L}; \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{L_2}{L_1} \quad \text{u. s. w.}$$

Bei gleichen Längen zweier solcher Thäler, die länger als die Normallänge sind, aber verschiedene Neigungen haben, werden sich aber die pro Quadrateinheit gelieferten Wassermengen direct wie die Geschwindigkeit verhalten, oder

$$m : m_1 = v : v_1 \quad \text{oder}$$

$$\frac{m}{m_1} = \frac{v}{v_1}; \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1}{v_2};$$

daher verhalten sich aus beiden Gründen die Wassermengen pro Quadrateinheit bei Thälern von verschiedenen Längen und Geschwindigkeiten, wenn die Längen grösser als die Normallängen tv und tv_1 sind,

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_1 L_2}{v_2 L_1} \quad \text{und weil}$$

$$v = \mu \sqrt{\frac{H}{L}} \quad \text{und}$$

$$v_1 = \mu \sqrt{\frac{H_1}{L_1}},$$

so ist auch

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{L_2 \sqrt{L_2 \cdot H_1}}{L_1 \sqrt{L_1 \cdot H_2}} \quad \text{oder auch}$$

$$m_1 = m_2 \frac{L_2 \sqrt{L_2 \cdot H_1}}{L_1 \sqrt{L_1 \cdot H_2}}.$$

Im Anschluss an das Frühere kann man dies auch so zeigen. Die grösste Wassermenge pro Zeiteinheit ist für das eine Thal $w = LhB\frac{t}{z}$, für das andere $w_1 = L_1 h B_1 \frac{t}{z_1}$, nun ist aber $z = \frac{L}{v}$ und $z_1 = \frac{L_1}{v_1}$, also die Wassermenge pro Quadrateinheit und Zeiteinheit

$$\frac{w}{LB} = \frac{htv}{L} = m \quad \text{und}$$

$$\frac{w_1}{L_1 B_1} = \frac{htv_1}{L_1} = m_1$$

$$\frac{w_2}{L_2 B_2} = \frac{htv_2}{L_2} = m_2 \quad \text{u. s. w.}$$

daher auch

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{\frac{v_1}{L_1}}{\frac{v_2}{L_2}} = \frac{v_1 L_2}{v_2 L_1}, \quad \text{wie vorhin.}$$

Beispiel. Es sei während eines Regens von t Stunden pro maximo (also nach Aufhören des Regens beim Beharrungszustande) aus einem Gebiete von $L_2 = 5841$ Meter, $H_2 = 2{,}92$ Meter eine Wassermenge pro Quadrateinheit und Secunde $= \frac{0{,}002724}{5841} = \frac{0{,}001088}{8761{,}7}$ Cubikmeter geflossen; wie viel wird aus einer von $L_1 = 8761{,}7$ Meter, $H_1 = 5{,}81$ Meter fliessen?

Es wird

$$m_1 = \frac{0{,}001086}{8761{,}7} \cdot \frac{5841}{8761{,}7} \sqrt{\frac{5841}{8761{,}7} \cdot \frac{5{,}81}{2{,}92}}, \text{ oder}$$

$$m_1 = 2/3 \cdot 1{,}1560 \cdot \frac{0{,}001086}{8761{,}7} = \frac{0{,}003146}{8761{,}7} \text{ Cubikmeter,}$$

was mit dem frühern Beispiel stimmt.

Die gesammte grösste Wassermenge pro Zeiteinheit in diesem Falle wird also, wenn die Breiten B_2, resp. B_1 sind, sein

$$L_2 B_2 m_2 = \frac{5841 \cdot 0{,}002724}{5841} \cdot B_2 = 0{,}002724 B_2$$

und

$$L_1 B_1 m_1 = \frac{8761{,}7 \cdot 0{,}003146}{8761{,}7} \cdot B_1 = 0{,}003146 B_1.$$

5) Vergleichung der Maximalwassermengen von Hängen, welche länger als die Normallänge, gleichen Niederschlag vorausgesetzt.

Die Maximal-Wassermengen pro Zeiteinheit, welche von 2 Hängen erfolgen, die grössere Länge als die Normallänge haben, verhalten sich auch direct wie die Geschwindigkeiten des vom Hange fliessenden Wassers und die Breiten des Hanges also

$$w_1 : w_2 = v_1 B_1 : v_2 B_2,$$

mithin

$$w_2 = w_1 \frac{v_2 B_2}{v_1 B_1} = w \cdot \frac{\sqrt{\frac{H_2}{L_2}}}{\sqrt{\frac{H_1}{L_1}}} \cdot \frac{B_2}{B_1}$$

also:

$$w_2 = w_1 \sqrt{\frac{H_2 L_1}{H_1 L_2}} \cdot \frac{B_2}{B_1}.$$

Beispiel. Für ein Thal ist, wenn es $t = 3$ Stunden regnet, die Maximal-Wassermenge $= w_1$ pro Secunde zu $0{,}002724$ Cubikmeter ermittelt, wobei $L_1 = 5841{,}12$ Meter, $H_1 = 2{,}92$ Meter ist und $B_1 = 1$ Meter gesetzt wird.

Wie viel Wasser w_2 wird von einer Niederung pro Zeiteinheit bei demselben Regen laufen, wo $L_2 = 8761{,}68$ Meter, $H_2 = 5{,}84$ Meter und B_2 ebenfalls $= 1$ Meter gesetzt ist? Man erhält:

$$w_2 = 0{,}002721 \sqrt{\frac{5{,}84}{2{,}92} \cdot \frac{5841{,}12}{8761{,}68}} = 0{,}003146 \text{ Cubikmeter}$$

und ebenso wie diese Wassermengen müssen sich bei gleicher Geschwindigkeit in den Brückenöffnungen am Ende des Thales die Querschnitte dieser letzteren verhalten.

In dem Aufsatze von Blohm „Ueber den Einfluss der äusseren Bodengestaltung der Quellengebiete auf die periodischen Anschwellungen der kleineren Flüsse und Bäche" (Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins, Bd. IV, 1858, S. 31) findet sich folgendes Beispiel angegeben.

Bei einem Zuflussbecken ist die Fläche $B_1 L_1 = 3$ Quadrat-Lieues und $L_1 = 4$ Lieues, also $B_1 = 0{,}75$ Lieues, und die Weite der Brücke vor diesem Becken, welche also w_1 proportional ist, $= 2{,}60$ Meter. Wie weit muss die Brücke für ein anderes Thal sein, wo $B_2 L_2 = 2^1/_2$ Quadrat-Lieues und $L_2 = 2{,}75$ Lieues, also $B_2 = \frac{2{,}5}{2{,}75} = 0{,}91$ Lieues ist? Die Neigungen werden als gleich vorausgesetzt, also $L_1 H_2 = L_2 H_1$. Man hat dann einfach die gesuchte Weite

$$x : 2{,}60 \text{ Meter} = w_2 : w_1 = w_1 \frac{B_2}{B_1} : w_1$$

$$x = 2{,}60 \text{ Meter} \cdot \frac{B_2}{B_1} = 2{,}6 \text{ Meter} \cdot \frac{0{,}91}{0{,}75}$$

$$= 3{,}15 \text{ Meter.}$$

Würde es aber so lange regnen, dass in der längeren Schlucht ein Scheitelpunkt eingetreten wäre, so dass also der am oberen Anfange der Schlucht gefallene Regen unten angekommen wäre (also $t_1 = z_1$), so würden die Wassermengen pro Zeiteinheit proportional den Flächen sein, also resp. $L_1 B_1 h$ und $L_2 B_2 h$ proportional, und es verhalten sich

$$w_{1\,max} : w_{2\,max} = L_1 B_1 : L_2 B_2 = F_1 : F_2$$

oder da w_1 proportional 2,60 Meter und w_2 proportional der gesuchten Weite ist, so ist

$$2{,}60 \text{ Meter} : x = F_1 : F_2 \quad \text{oder}$$

$$x = 2{,}60 \text{ Meter} \cdot \frac{F_2}{F_1} = 2{,}60 \text{ Meter} \cdot \frac{2{,}5}{3} = 2{,}166 \text{ Meter.}$$

Dies Beispiel zeigt also, dass man über das Eintreten des Scheitelpunktes unterrichtet sein muss, und dass daher betreffende Ermittelungen vorliegen müssen.

6) Ermittelung, ob ein Scheitelpunkt, welcher das Maximum pro Zeiteinheit liefert, stattgefunden habe.

1) Gesetzt, es regne während t und die Zeit, nach welcher das gesammte Wasser abgelaufen, über t hinaus sei z, so ist die Geschwindigkeit gewesen $v = \frac{L}{z}$ und es ist ein Scheitelpunkt vorhanden, wenn $z = t$ ist.

2) Steigt während eines fortdauernden Regens das Wasser nicht mehr und war der höchste Stand oder der Scheitel nach τ Zeit eingetreten, so muss auch

$$v = \frac{L}{\tau}$$

gewesen sein und während $t - \tau$ hat ein Beharrungszustand in der Scheitelhöhe stattgefunden.

3) Steigt das Wasser, so lange es während t regnet, und findet nach Aufhören des Regens **sofort** ein Sinken wieder statt, so war gerade ein Scheitel eingetreten und es ist $z = t$ und

$$v = \frac{L}{z} = \frac{L}{t}$$

gewesen.

4) Steigt das Wasser, so lange es während t regnet, und bleibt es nach Aufhören des Regens eine Zeit $(z - t)$ lang beharren, fällt aber dann wieder, bis es nach fernerer Zeit t ganz verlaufen ist, so hat kein Scheitel stattgefunden und es muss gewesen sein

$$v = \frac{L}{z}$$

und die Zeit, während welcher es hätte regnen müssen, damit bei diesem Thal ein Scheitel eingetreten wäre, würde sein

$$\frac{L}{v} = z.$$

7) Beobachtungen zur ungefähren Ermittelung der Maximal-Wassermenge.

Nach dem Früheren ist die Maximal-Wassermenge bei einem Thale, welches länger als die Normallänge ist

$$w = LhB\frac{t}{z}.$$

Man würde nun das Folgende zu beobachten suchen müssen:

a. bei einem fortdauernden Regen die Zeit τ, nach welcher ein Scheitel eingetreten ist.

b. Man misst die Länge L des Laufes genau genug auf der Karte und hat dann die Geschwindigkeit des Wassers im Laufe $v = \frac{L}{\tau}$.

Die Länge des Laufes von gleicher Neigung, bei welcher das Maximum eintritt, wenn der für die Wassermenge maassgebende stärkste Regen t Stunden dauerte, würde dann sein $L_n = v\,t$; alle kürzeren Läufe von L_0 Länge und B_0 Breite derselben Neigung und Beschaffenheit geben bei derselben Stärke des Regens das Maximum $L_0 h B_0$ pro Zeiteinheit.

c. Tritt aber, wie oben sub 4 angegeben, während der Beobachtung kein Scheitel ein, so ist gewesen, wenn es während t_1 regnete und nach fernerer Zeit z_1 Alles verlaufen war,

$$v_1 = \frac{L}{z_1}$$

und die Normallänge des Laufes, bei welcher während t Regenzeit ein Scheitel eintreten würde, würde sein

$$L_n = v_1 t;$$

alle kürzeren Läufe derselben Neigung und Beschaffenheit geben das Maximum $L_0 h B_0$ pro Zeiteinheit.

d. Hat man, wie sub a bis c angegeben, v gefunden, so kann man auch

$$\mu = \frac{v}{\sqrt{\operatorname{tang} \alpha}} = \frac{v}{\sqrt{\frac{H}{L}}} = \frac{L}{z\sqrt{\frac{H}{L}}}$$

ermitteln, wenn H der höchste Punkt der gleichmässig fallenden Schlucht über dem Ausflusspunkte ist, und dann mit Hülfe dieses Coefficienten die Geschwindigkeit v_0 und die Wassermenge für Thäler von ähnlicher Bodenbeschaffenheit bestimmen, für die im Maximo je nach der Localität anzunehmende Regenheit t. Ist dann die Länge des Laufes $L \leqq v_0\,t$, so tritt das Maximum $L_0\,h\,B_0$ ein, und ist $L > v_0\,t$, so tritt die Menge $L_0\,h\,B_0\,\frac{t}{z_0}$ ein, wo $z_0 = \frac{L_0}{v_0}$ [1]).

[1]) In Wirklichkeit haben bekanntlich die Thäler kein gleichmässiges Gefälle, sondern nach dem Ursprunge hin steilere Gefälle. Will man dies berücksichtigen, so wird man aus den Beobachtungen ein mittleres Gefälle, welches die durchschnittliche Geschwindigkeit ergiebt, substituiren können.

Im vorliegenden Falle ist z. B. Fig. 4 die Zeit

$$z = z_a + z_b + z_c$$

$$z = \frac{L}{v} = \frac{l_a}{v_a} + \frac{l_b}{v_b} + \frac{l_c}{v_c}$$

und $v = \mu\sqrt{\frac{H}{L}}$ u. s. w., also

$$z = \frac{L}{\mu\sqrt{\frac{H}{L}}} = \frac{l_a}{\mu\sqrt{\frac{h_a}{l_a}}} + \frac{l_b}{\mu\sqrt{\frac{h_b}{l_b}}} + \frac{l_c}{\mu\sqrt{\frac{h_c}{l_c}}}$$

8) Correction der Geschwindigkeit für verschiedene Regenzeiten.

Hat man wie sub c beobachtet, so entspricht die Maximalwassermenge derjenigen eines Hanges von der Normallänge $L_1 = v_1 t_1$, wogegen, wenn es während t regnet, die Länge der Normalschlucht $v_1 t$ sein würde, wenn die Geschwindigkeit bei längerer Dauer beim Regen unverändert bliebe. Dies ist aber in der Wirklichkeit nicht der Fall, vielmehr wird bei länger dauerndem Regen, wo der Niederschlag sich höher ansammelt, eine grössere Abflussgeschwindigkeit statthaben. Um dies roh zu schätzen, kann man wieder die Eytelwein'sche Formel benutzen, und wenn a den Querschnitt des Wassers

---

und $\sqrt{\frac{H}{L}} = A$, $\sqrt{h_a} = a$

und $\sqrt{h_b} = b$ gesetzt u. s. w.

$$\mu z = \frac{L}{A} = \frac{l_a^{3/2}}{a} + \frac{l_b^{3/2}}{b} + \frac{l_c^{3/2}}{c}$$

$$\mu z = \frac{L}{A} = \frac{l_a^{3/2}(b\,c) + l_b^{3/2}(a\,c) + l_c^{3/2}(a\,b)}{a\,.\,b\,.\,c}$$

daher

$$A = \sqrt{\frac{H}{L}} = \frac{L\,(a\,.\,b\,.\,c)}{l_a^{3/2}(b\,c) + l_b^{3/2}(a\,c) + l_c^{3/2}(a\,b)}.$$

Es seien z. B. $L = 300$

$$l_a = 100,\quad l_b = 100,\quad l_c = 100,$$
$$h_a = 9,\quad h_b = 16,\quad h_c = 25,$$
$$a = 3,\quad b = 4,\quad c = 5,$$

dann ist

$$\sqrt{\frac{H}{L}} = \frac{300\,.\,3\,.\,4\,.\,5}{1000\,.\,4\,.\,5 + 1000\,.\,3\,.\,5 + 1000\,.\,3\,.\,4}$$

$$\sqrt{\frac{H}{L}} = \frac{18000}{47000}.$$

und daher $\frac{H}{L} = \frac{324}{2209}$, und weil $L = 300$, also $\frac{H}{300} = \frac{324}{2209}$,

$$\text{also } H = \frac{324\,.\,300}{2209} = 44.$$

Hiernach findet sich, da

$$\mu = \frac{v}{\sqrt{\operatorname{tang}\alpha}} = \frac{L}{z\sqrt{\frac{H}{L}}}$$

$$\mu = \frac{300}{z\,.\,\frac{18}{47}} = \frac{300\,.\,47}{z\,.\,18} = \frac{783{,}33}{z}.$$

an der Abflussstelle des Hanges, p den Perimeter bezeichnen, so kann man die abfliessende Wassermenge pro Zeiteinheit setzen, wenn v die gesuchte grössere Geschwindigkeit,

$$v\,a = \mu\,a \sqrt{\frac{a}{p}\,\operatorname{tang}\alpha} \quad \text{und}$$

$$v_1\,a_1 = \mu\,a_1 \sqrt{\frac{a_1}{p_1}\,\operatorname{tang}\alpha}.$$

p und p_1 können bei demselben Hange gleichgesetzt werden, man erhält also:

$$\frac{v\,a}{v_1\,a_1} = \frac{a\sqrt{a}}{a_1\sqrt{a_1}} \quad \text{oder} \quad \frac{v^2}{v_1^{\,2}} = \frac{a}{a_1}.$$

Die Wassermenge pro Zeiteinheit ist aber $a\,v = h\,L$ und $a_1\,v_1 = h_1\,L_1$, wenn man die Breiten = 1 setzt und die Niederschlagshöhen zu resp. h und h_1 verschieden annimmt, daher $a = \frac{h\,L}{v}$ und $a_1 = \frac{h_1\,L_1}{v_1}$, wesshalb also auch

$$\frac{v^2}{v_1^{\,2}} = \frac{h\,L\,v_1}{h_1\,L_1\,v}.$$

Nun sind aber $L = v\,t$ und $L_1 = v_1\,t_1$, also

$$\frac{v^2}{v_1^{\,2}} = \frac{h\,v\,v_1\,t}{h_1\,v_1\,v\,t_1} = \frac{h\,t}{h_1\,t_1}$$

und hieraus

$$v = v_1 \sqrt{\frac{h\,t}{h_1\,t_1}}.$$

Hat man also nach c) während eines Regens von t_1 Zeit und h_1 Regenhöhe die Geschwindigkeit v_1 ermittelt, so kann man nach dem Obigen die Geschwindigkeit v während eines t dauernden Regens und h Niederschlagshöhe ermitteln und danach die Normallänge des Hanges $L = v\,t$ genauer bestimmen.

Beispiel. Es sei ein Thal 2803,74 Meter lang und während $t_1 = 2$ Stunden Regen steigt das abfliessende Wasser und nach weiteren 8 Stunden ist es wieder auf seinen ursprünglichen Stand zurückgekehrt. Dann ist die Geschwindigkeit des Abflusses pro Stunde gewesen $v_1 = \frac{L}{z} = \frac{2803{,}74}{8} = 350{,}47$ Meter.

Dauert nun aber der für das Maximum in Frage kommende Regen in der fraglichen Gegend 6 Stunden, so würde, wenn es pro Zeiteinheit gleich stark regnete, also $h_1 = h$ wäre, die grösste Geschwindigkeit des Wassers annähernd sein

$$v = v_1 \sqrt{\frac{t}{t_1}} = 350{,}47 \sqrt{\frac{6}{2}} = 606{,}84 \text{ Meter}$$

und die Normallänge würde gewesen sein

$$L_n = v\,t = 606{,}89 \,.\, 6 = 3641{,}34 \text{ Meter},$$

wesshalb die fragliche Schlucht bei B Meter Breite das Maximum $L\,h\,B =$

2803,71 h B Cubikmeter gegeben haben würde, da sie kürzer als die Normalschlucht ist. Will man genauer rechnen, so erhält man die Zeit, wo das Maximum während des 6stündigen Regens eintrat, $= \frac{2803{,}71}{606{,}89} = 4{,}619$ Stunden und die Geschwindigkeit wäre etwas genauer gewesen $350{,}17 \sqrt{\frac{4{,}619}{2}} = 532{,}71$ Meter pro Stunde.

Man erhält, wenn man diese Rechnungen noch weiter fortführen will, mit immer mehr Annäherung nach einander

$$1)\quad v = 350{,}17 \sqrt{\frac{6}{2}} = 606{,}89 \text{ Meter,}$$

$$L_n = v\,t = 6 \,.\, 606{,}89 = 3641{,}31 \text{ Meter,}$$

$$t = \frac{2803{,}71}{606{,}89} = 4{,}619 \text{ Stunden.}$$

$$2)\quad v = 350{,}17 \sqrt{\frac{4{,}619}{2}} = 532{,}71 \text{ Meter,}$$

$$L_n = 4{,}619 \,.\, 532{,}71 = 2460{,}15 \text{ Meter,}$$

$$t = \frac{2803{,}71}{532{,}71} = 5{,}264 \text{ Stunden.}$$

$$3)\quad v = 350{,}17 \sqrt{\frac{5{,}264}{2}} = 567{,}76 \text{ Meter,}$$

$$L_n = 5{,}264 \,.\, 567{,}76 = 2988{,}69 \text{ Meter,}$$

$$t = \frac{2803{,}71}{567{,}76} = 4{,}932 \text{ Stunden.}$$

$$4)\quad v = 350{,}17 \sqrt{\frac{4{,}932}{2}} = 550{,}24 \text{ Meter,}$$

$$L_n = 4{,}932 \,.\, 550{,}24 = 2713{,}78 \text{ Meter.}$$

Begnügt man sich mit dieser Annäherung, so ist also

$$z = \frac{L}{v} = \frac{2803{,}71}{550{,}24} = 5{,}096 \text{ Stunden}$$

und die Maximalwassermenge pro Zeiteinheit

$$L\,h\,B\,\frac{t}{z} = 2803{,}71 \,.\, \frac{4{,}932}{5{,}096}\,h\,B = 2710 \; h\,B \text{ Cubikmeter.}$$

9) Ermittelung der Grösse des Niederschlages, welcher zum Abfluss gelangt ist, aus einer gemessenen Wassermenge.

Hat es während t geregnet, und ist nach im Ganzen t + z Zeit vom Anbeginn des Regens das Wasser wieder verlaufen, so ist, während ein Behar-

rungszustand im Scheitel stattfand, die Wassermenge pro Zeiteinheit gewesen $w = L h B \frac{t}{z}$, und hieraus ist (Fig. 5)

$$h = \frac{w z}{L h B t}.$$

Die Wassermenge, welche pro Zeiteinheit gefallen ist, ist aber auch aus der ganzen ermittelten Q zu finden, denn es ist $Q = h t L B$, und daher auch

$$h = \frac{Q}{L B t} = \frac{Q}{F t}.$$

Die Ermittelung der Wassermenge w kann nun in bekannter Weise geschehen, z. B. bei kleinen Wasserläufen aus Schluchten mittelst Absperrung des Abflusses am Ende der Schlucht durch einen kleinen Damm von Erde oder Rasen, eine hölzerne Wand u. s. w. und Anbringung eines Aichkastens, einer Mündung unter Wasser, eines Ueberfalles [1]), eines Kastens mit verschieden grosser Ein- und Ausflussöffnung [2]) u. s. w., während man bei grösseren Wassermengen ähnliche Verfahrungsarten wie bei Ermittelung der Wassermenge in Bächen und Flüssen wird anwenden müssen. Dabei ist selbstredend, dass man die für gewöhnlich abfliessende Wassermenge, welche schon vor dem Regen wegen Speisung aus Quellen u. s. w. vorhanden war, von der gefundenen abziehen muss.

10) Einfluss der Form des Niederschlagsgebietes.

Um den Einfluss der Form der Hänge noch an einem Beispiel zu beleuchten, wollen wir einen Hang von der Form eines Kreissectors vom Centriwinkel φ betrachten und nach den Bezeichnungen der Figur 6 und sonst bekannten Bezeichnungen, die während der Regenzeit t erfolgende Wassermenge Q, die während $z - t$ erfolgende Q_1 und die dann noch während t abfliessende Q_2 nennen. Man hat dann

$$d Q = x \varphi \cdot \frac{\tau h}{2} d x$$

und weil $\tau : t = x : R$,

$$\text{also } \tau = \frac{t x}{R}, \quad x = \frac{\tau R}{t}, \quad d x = \frac{R d \tau}{t},$$

findet man $d Q = \frac{R^2 \varphi h}{2} \frac{\tau^2}{t^2} d \tau$, also die Wassermenge pro Zeiteinheit, wenn sie an der fraglichen Stelle constant bliebe

[1]) Vergl. K. R. Bornemann, „Hydrometrie oder praktische Anleitung zum Wassermessen. Freiberg, Engelhardt 1849" und auch Weisbach, „der Ingenieur. III. Aufl. Hydrometrie, S. 463".

[2]) Hagen, „Handbuch der Wasserbaukunst". Theil I, S. 252. Messung des Wassers in den Leitungen.

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{Q^2 \varphi h}{2} \cdot \frac{\tau^2}{t^2}$$

und das Maximum für $\tau = t$

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{R^2 \varphi h}{2}.$$

Die Wassermenge selbst

$$Q = \int_0^t \frac{R^2 \varphi h}{2} \cdot \frac{\tau^2}{t^2} \, d\tau = \frac{R^2 \varphi}{2} \cdot \frac{t h}{3},$$

also der Inhalt der bis zum Aufhören des Regens ausfliessenden Pyramide.

Ebenso findet man, x wie in der Figur gerechnet,

$$d Q_1 = \frac{(R + x)\varphi + x\varphi}{2} \cdot t h \cdot dx$$

und weil $x = \frac{L\tau}{z}$; $dx = \frac{L\,d\tau}{z}$

$$\frac{d Q_1}{d\tau} = \frac{L^2 \varphi t h}{2} \left(\frac{t + 2\tau}{z^2} \right)$$

und für das Maximum, wo $\tau = z - t$ ist, die Maximal-Wassermenge pro Zeiteinheit

$$\frac{d Q_1}{d\tau} = \frac{L^2 \varphi}{2} \cdot t h \left(\frac{2z - t}{z^2} \right),$$

ferner die gesammte Wassermenge:

$$Q_1 = \int_{(z-R)}^{0} \frac{\varphi t h}{2} (R + 2x)\, dx$$

$$Q_1 = \frac{\varphi t h}{2} (L^2 - R L).$$

Endlich hat man für Q_2 nach der Figur

$$d Q_2 = \frac{L\varphi + (L - x)\varphi}{2} \cdot h \tau \, dx$$

$$\text{und } x = \frac{R\tau}{t}, \; dx = \frac{R\,d\tau}{t},$$

daher

$$d Q_2 = \frac{h\varphi}{2} \left(2 L t - \frac{R \tau^2}{t} \right) \frac{R}{t} \, d\tau$$

und für $\tau = t$ die Wassermenge pro Zeiteinheit wie oben, wenn solche constant bleibt,

$$\frac{d Q_2}{d\tau} = \frac{h\varphi}{2} (2 L R - R^2),$$

welche $= \frac{d Q_1}{d\tau}$ sein muss. Dies ist der Fall, wenn man berücksichtigt, dass $R = \frac{L t}{z}$ ist, und dies substituirend, erhält man

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{L^2 \varphi}{2} \cdot h t \left(\frac{2z - t}{z^2}\right).$$

Es ist die Wassermenge

$$Q_2 = \int_t^0 \frac{h\varphi}{2} \left(2L\tau - \frac{R\tau^2}{t}\right) \frac{R}{t} d\tau.$$

$$Q_2 = \frac{\varphi h t}{2} \left(L R - \frac{R^2}{3}\right).$$

Die gesammte Wassermenge ist also

$$Q + Q_1 + Q_2 = \frac{\varphi h t}{2} \left(\frac{R^2}{3} + L^2 - R L + R L - \frac{R^2}{3}\right)$$
$$= \frac{L^2 \varphi h t}{2},$$

also wie es sein muss, diejenige Menge, welche auf die Fläche vom Halbmesser L während t-stündigen Regens gefallen ist.

Ferner war

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{R^2 \varphi h}{2}; \frac{dQ_1}{d\tau} = \frac{dQ_2}{d\tau} = \frac{L^2 \varphi h t}{2} \left(\frac{2z - t}{z^2}\right)$$

und ist $z = t$, so wird

$$\frac{dQ_1}{d\tau} = \frac{dQ_2}{d\tau} = \frac{L^2 \varphi h}{2} = \frac{R^2 \varphi h}{2}$$

weil dann auch $L = R$ wird.

Die grösste Wassermenge, welche als pro Zeiteinheit zum Durchfluss kommend bei Bestimmung der Wassermenge zu rechnen sein wird, ist also

$$\frac{L^2 \varphi}{2} h t \left(\frac{2z - t}{z^2}\right) = F h t \left(\frac{2z - t}{z^2}\right),$$

wenn F das Niederschlagsgebiet bezeichnet, und für $z = t$ wird sie $\frac{L^2 \varphi h}{2}$ pro Zeiteinheit, also wenn der Regen so lange dauert, dass der am oberen Rande gefallene Wassertropfen zum Abfluss gelangt ist, fliesst, wie es sein muss, pro Zeiteinheit so viel ab, wie pro Zeiteinheit auf die Fläche fällt.

Blohm a. a. O. giebt ein Beispiel, wo in einem halbkreisförmigen Thale von 3 Meilen Halbmesser die Geschwindigkeit des herabfliessenden Wassers $v = 1^1/_2$ Fuss ist, so dass also in $14{,}1$ Stunden $z = t$ das Gebiet durchlaufen und das Maximum eingetreten ist. Vergleicht man dieses mit einem parallelogrammförmigen Thale von $0{,}6$ Meilen Breite, so wird bei gleicher Fläche F beider Thäler die Länge sein $L = \frac{3^2 \pi}{1{,}2} = 23{,}55$ Meilen, mithin ist

$$z_1 = 14{,}1 \cdot \frac{23{,}55}{3} = 110{,}685 \text{ Stunden}.$$

Die Wassermengen A und B bei einem $14^1/_2$ stündigen Regen verhalten sich für das halbkreisförmige und das lange Becken wie

$$F \cdot h t \left(\frac{2z - t}{z^2}\right) : F h t \frac{1}{z_1},$$

oder wie

$$\frac{(2z - t)}{z^2} : \frac{1}{z_1}$$

und weil hier $t = z$:

$$A : B = \frac{1}{z} : \frac{1}{z_1}$$

oder

$$A = \frac{B z_1}{z} = B \cdot \frac{110{,}685}{14{,}1} = B \cdot 7{,}85;$$

also die halbkreisförmige Schlucht giebt bei der vorausgesetzten Dauer des Regens 7,85 mal so viel an Maximalwassermenge als die parallelogrammförmige. Letztere würde, wenn der Regen 110,685 Stunden dauerte, ebensoviel wie die halbkreisförmige geben. Dauerte dagegen der Regen nur 6 Stunden $= t_0$, so würde das halbkreisförmige Becken geben

$$F h t_0 \left(\frac{2 \cdot 14{,}1 - 6}{(14{,}1)^2}\right) = F h t_0 \cdot \frac{22{,}20}{198{,}81} = A$$

und das parallelogrammförmige

$$F h t_0 \cdot \frac{1}{110{,}685} = B,$$

also

$$A : B = \frac{22{.}20}{198{,}81} : \frac{1}{110{,}685},$$

daher

$$A = 12{,}36\, B,$$

in diesem Falle würde also das Maximum pro Zeiteinheit das 12,36 fache desjenigen des parallelen Beckens betragen.

Wären endlich beide Becken gleich lang gewesen und hätten gleiche Flächen gehabt, also das parallele eine Breite von $\frac{L \pi}{2}$, weil $L B = \frac{L^2 \pi}{2}$, daher $B = \frac{L \pi}{2} = \frac{3 \cdot 3{,}14}{2} = 4{,}71$ Meilen, so wäre von beiden bei dem 14,1 Stunde dauernden Regen gleichviel im Maximo abgelaufen; bei einem Regen von 6 Stunden aber hätte man gehabt:

$$A : B = F h \cdot \frac{t_0\,(2z - t_0)}{z^2} : F h \frac{t_0}{z}$$

$$= 6 \frac{(2 \cdot 14{,}1 - 6)}{(14{,}1)^2} : \frac{6}{14{,}1} = \frac{133{,}20}{198{,}81} : \frac{6}{14{,}1}$$

$$= 0{,}670 : 0{,}425,$$

oder die abfliessende Maximal-Wassermenge des halbkreisförmigen Beckens, pro Zeiteinheit als constant bleibend gerechnet, wäre das $\frac{670}{425} = 1{,}58$ fache derjenigen des parallelen Beckens gewesen.

Dies Beispiel zeigt also, dass die Form des Beckens wesentlich mit in Frage kommt, so dass, wenn es sich nicht um ähnliche Flächen han-

delt, die blosse Vergleichung der Flächen ihrer Grösse nach zu unrichtigen, oft sehr ungenauen Resultaten führen würde.

11) Bestimmung der Weite von Durchlässen.

Man kann die im Eingange gefundene Wassermenge von parallelogrammförmigen Thälern auch ähnlich, wie bei kreisförmigen Thälern geschehen, ermitteln.

Sei in Fig. 7 t die Regenzeit und $z + t$ die Zeit, nach welcher von Anbeginn des Regens das Wasser verlaufen ist, so hat man, wenn b die mittlere Breite des Thales ist, die während der Zeit $d\tau$ abfliessende Wassermenge nach der Figur $dQ = b \,.\, h\tau\, dx$, weil bis zu τ Zeit die sich ansammelnden Tropfen am Fusse des Thales oder an der Abflussstelle die Höhe $h\tau$ erreicht haben. Es ist aber $x : L = \tau : z$, also $x = \frac{\tau L}{z}$ und $dx = \frac{L}{z} d\tau$, mithin $dQ = \frac{bL}{z} \,.\, h\tau\, d\tau$ und die Wassermenge pro Zeiteinheit, wenn sie im Querschnitte bei x constant bliebe,

$$\frac{dQ}{d\tau} = \frac{bL}{h} \,.\, h\tau,$$

und pro Maximo nach Verlauf der Zeit t

$$\frac{dQ}{d\tau} = bLh \frac{t}{z} = bw,$$

wenn w die Maximal-Wassermenge pro Zeiteinheit für die Breite = Eins bezeichnet.

Dies Quantum wird das grösstmögliche, wenn $t = z$ wird; dann ist $bw = bhL$, d. h. wie im Eingange gefunden, die gesammte Wassermenge, welche pro Zeiteinheit gefallen ist, fliesst auch in der Zeiteinheit ab und der zuletzt gefallene Regentropfen a ist in a_1 angekommen u. s. w. (Fig. 8.) Die Zeit des ganzen Verlaufs $z + t$ ist dann die doppelte der Regenzeit.

Sind nun a die Weite des Durchlasses, h_1 die Tiefe, auf welche sich das Wasser in dem Durchlasse stellen kann, und v die mittlere Geschwindigkeit, welche zulässig ist, so hat man zu setzen

$$avh_1 = \frac{dQ}{dt} = bLh \frac{t}{z}$$

und es findet sich daher die Durchlassweite, wenn man, was bei so rohen Ermittelungen erlaubt ist, von Contraction absieht,

$$\text{I.}\quad a = \frac{bLh}{vh_1} \,.\, \frac{t}{z} = \frac{Fh}{vh_1} \,.\, \frac{t}{z}$$

und für das Maximum, wo $t = z$

$$\text{II.}\quad a = \frac{bLh}{vh_1} = \frac{Fh}{vh_1}.$$

Für den Werth I. kann man auch schreiben, da $bLht$ die ganze gefallene Wassermenge ist, wenn man $bL = F$ = der Niederschlagsfläche und $ht = H$ = der gesammten Niederschlagshöhe setzt,

$$a = \frac{FH}{vh_1 z},$$

und endlich erhält man auch für das Maximum, wenn man $T = 2z = 2t$ als die ganze Zeit des Vorganges einführt, also $z = \frac{T}{2}$ setzt,

$$a = \frac{2FH}{T} \cdot \frac{1}{vh_1},$$

welcher Ausdruck bei der Ermittelung der Weite von kleinen Durchlässen an der hannoverschen Südbahn benutzt ist.

Dieselben Resultate wie oben erhält man selbstredend, wenn man die ganzen durchgelassenen Wassermengen vergleicht. Aus dem Werthe

$$dQ = b\frac{L}{z} \cdot h\tau\, d\tau$$

erhält man

$$Q = \frac{bhL}{z} \cdot \frac{\tau^2}{2}$$

und für $\tau = t$ (Fig. 7)

$$Q = bh\frac{L}{z} \cdot \frac{t^2}{2},$$

also die beiden Dreiecke, welche jedes Q vorstellen, $2Q = bhL\frac{t^2}{z}$; ferner ist $Q_1 = bht\,(L - l)$ und weil

$$L : l = z : t,$$

also $l = \frac{Lt}{z}$, wird

$$Q_1 = bhL\frac{(tz - t^2)}{z}$$

und daher

$$2Q + Q_1 = bhL\left(\frac{tz - t^2 + t^2}{z}\right) = bhLt.$$

Für den Durchlass (Fig. 9) ist, da nach der Voraussetzung die Geschwindigkeit v dieselbe bleiben soll, wenn y die Wassertiefe zur Zeit τ ist, die während $d\tau$ durchfliessende Wassermenge $dQ = ay\,dx$ und weil $dx = v\,d\tau$ ist,

$$dQ = ay\,v\,d\tau;$$

da aber die Wasserhöhe mit der Zeit gleichmässig wächst, so ist auch

$$y : h_1 = \tau : t \quad \text{also}$$

$$y = h \cdot \frac{\tau}{t}, \quad \text{mithin}$$

$$dQ = avh_1\frac{\tau}{t}d\tau \quad \text{also}$$

$$Q = avh_1\frac{\tau^2}{2t}$$

und für $\tau = t$ ist

$$Q = a v h_1 \frac{t}{2}.$$

also die Wassermenge vor und nach dem Beharrungszustande $2Q = a v h_1 t$ und während des Beharrungszustandes $Q_1 = a v h_1 (z - t)$, daher die gesammte Wassermenge $2Q + Q_1 = a v h_1 (z - t + t)$

$$= a v h_1 z, \text{ und deshalb}$$

$b h L t = a v h_1 z$, also

$$a = \frac{b L h}{v h_1} \cdot \frac{t}{z},$$

wie vorhin unter I. gefunden.

Für eine halbkreisförmige Schlucht hat man nach dem Früheren, wenn man ebenfalls $h t = H$ setzt,

$$a = \frac{F H}{h_1 v} \left(\frac{2z - t}{z^2} \right).$$

12) Schwierigkeiten der unmittelbaren Anwendung der obigen Formeln.

Bei dem Versuche, die bisher gefundenen Resultate anwenden zu wollen, stösst man nun auf allerlei Schwierigkeiten, und wenn es sich dabei um Ermittelung absoluter Werthe isolirt liegender Thäler handelt, noch mehr, als bei Vergleichungen zweier nahe gelegenen, in ähnlichen Verhältnissen sich befindender Thäler, von denen eins schon mit einer Brücke versehen ist. Abgesehen von der Schwierigkeit der Zeitbestimmungen t und z, da selten ein Regen im Beginn und beim Aufhören scharf begrenzt ist, kommt auch noch die Schwierigkeit der richtigen Schätzung der Maximal-Regenhöhe in Frage, welche von vielerlei Bedingungen abhängig ist. Wir wollen in Kürze einige der dabei vorkommenden Umstände erwähnen.

Zuerst ist die Lage eines Hanges bezüglich der Himmelsgegend von Einfluss. Da der Luftkreis in ununterbrochener Bewegung begriffen ist, so sieht man leicht ein, dass das Wasser nicht da herabfällt, wo es verdunstet, dass im Gegentheil die Verdunstung an einer bestimmten Stelle die Veranlassung zum Regen an einer andern wird.

Im Allgemeinen also ist das bei uns herabkommende Wasser fremden Verdunstungsquellen entlehnt, und da gegen das grosse Wasserreservoir, welches wir das Meer nennen, alle übrigen Wasserbehälter verschwinden, so ist es hauptsächlich das Meerwasser, welches durch die Verdunstung, für welche die Sonne die Wärme entwickelt, sich bei späterer Abkühlung in Regen verwandelt. Da aber mit dem Abnehmen der Wärme die Fähigkeit der Luft, Wasser zu enthalten, abnimmt, so wird die günstige Gelegenheit für den Regen geboten sein, wenn Luft, welche über dem Meere der heissen Zone gestanden, über

kälteren Boden strömt. Wir haben also nach dem Aequator und zwar wo er flüssig ist, hinzublicken, wenn wir die Quelle suchen, aus welcher der Luftkreis seinen Wassergehalt schöpft. Da aber wegen der Drehung der Erde (und wegen der verringerten Umfangsgeschwindigkeit nach den Polen hin) die Winde, welche von der heissen Zone wehen, immer westlicher werden, je weiter sie fortschreiten, da also Südwestwinde weit herkommende Südwinde sind, so wird die Südwestseite unsere Wetterseite sein; die Regenmenge wird daher vom südwestlichen Deutschland nach dem nordöstlichen hin abnehmen, da die Luft, je weiter sie strömt, desto mehr Wasserdampf verliert, den sie in den wärmeren Gegenden aufnahm. Jedes von Südost nach Nordwest sich erstreckende Gebirge, und dies ist die Hauptrichtung aller deutschen Ketten, verdichtet daher an seiner Südwestseite viel mehr Regen als an der Nordostseite. Dies gilt z. B. besonders für das Riesengebirge, ja sogar für so unbedeutende Höhen wie der Teutoburger Wald, während hingegen das Rheinthal, welches das rheinische Gebirge der Quere nach von Süd nach Nord durchsetzt, auf einer grösseren Strecke seines Laufes gleiche Mengen zeigt [1]).

Zu den kälteerregenden und daher Niederschlag erzeugenden Ursachen gehören ausserdem isolirte Gipfel, z. B. der isolirt aufsteigende Brocken verdichtet den Wasserdampf zu der grössten Menge, welche auf ihm und bei Clausthal jährlich an 50 Zoll erreicht, wodurch der von Süden herkommende Vorrath theils erschöpft ist, denn er sinkt an der mecklenburgischen Küste der Ostsee auf der Insel Pöl 15 Zoll, in Wustrow bis auf 13 Zoll herab. In Braunschweig beträgt aus 4jährigen Beobachtungen die Regenhöhe an 22,1 Zoll, für den Brocken dagegen 55,1 Zoll, also $2\frac{1}{2}$mal so viel. Es folgt aus dem Vorhergehenden, dass im Allgemeinen die Regenhöhe mit der Höhe der Orte über der Meeresfläche zunimmt, und dass sie mit der Entfernung vom Meere abnimmt. Bezeichnen wir die jährliche Regenmenge in Petersburg mit 1, so ist die jährliche Regenmenge in den Ebenen von Deutschland 1,2, im Innern von England 1,1, an den Küsten von England 2,1.

Die Beschaffenheit der Oberfläche hat ferner einen grossen Einfluss. Ausgedehnte Wälder wirken durch Schattenkühle, Verdunstung und Strahlung Kälte erregend und erzeugen daher Niederschläge [2]). Wenn nun, wie es in einigen Gegenden Deutschlands, Frankreichs und Amerika's der Fall ist, das Beseitigen von Waldungen die Grösse des Niederschlages zwar vermindert, so erleidet doch die Oberfläche dadurch eine grosse Veränderung, wenn die Gewächse ausgerissen, der Rasen und das Moos [3]) beseitigt und der Boden umgestochen wird,

[1]) Dove, in der „Statistik des zollvereinten und nördlichen Deutschlands. 1858. 1. Theil."

[2]) Humboldt, „Cosmos, I. Theil, S. 344."

[3]) „Ueber die Bedeutung der Moose für die Wasservertheilung auf der Erdoberfläche", von Gerwig. Förster's Bauzeitung 1862, S. 117.

um ihn cultiviren zu können. Der dann noch fallende Niederschlag, wenn auch im Ganzen etwas geringer als vor der Entwaldung, und wenn auch die Verdunstung stärker ist als vordem, fliesst viel rascher ab als vor der Urbarmachung, wo die Wässer aufgehalten und vertheilt wurden durch die Stengel, Blätter und Wurzeln der zahlreichen grossen und kleinen Gewächse, und wo die Wässer an der Oberfläche aufgehalten, in die Tiefe sickerten und die Reservoirs der Quellen am Fusse des Berges nährten. Durch das in wenigen Stunden erfolgte Abfliessen der Wassermassen, welche sich sonst mittelst der Quellen auf einen längeren Zeitraum vertheilten, wachsen alle Wildbäche und kleineren Gewässer übermässig an und speisen die grösseren Gewässer, in welche sie münden, um so stärker und mehr gleichzeitig. Es vermehrt sich daher die Wassermenge bei Hochwasser, während die bei niedrigen Wasserständen sich verringert, und die Differenz der Hoch- und Niedrig-Wasserstände, also auch die der Wassermengen werden grösser und die Schwankungen häufiger [1]). Es ist bekannt, dass die grossen Ueberschwemmungen in Frankreich mit den ausgedehnten Entwaldungen im Zusammenhange stehen und zum Theil dadurch mit herbeigeführt sind.

Dieser Einfluss kommt auch in mehr ebenem Terrain vor, wo ausserdem die Parcellirung und Verkoppelung der Grundstücke, die Herstellung von Begrenzungs- und Abzugsgräben, wo Drainage etc. die Hochwassermenge der Flüsse und Ströme vergrössern und ungleichmässigere Speisung herbeiführen, weil das Wasser zu regnichten Zeiten rascher abgeführt wird [2]). Durch die Bodencultur wird auch oft das Zurückhalten des Wassers in Niederungen, aus denen es sonst langsam abfliesst, vermindert, und durch etwaige Eindeichungen werden die Ueberschwemmungsbassins eingeschränkt. Ausserdem vermehren sich die in den Fluss gelangenden Sinkstoffe und höhen, wenn auch langsam, das Bett des Flusses auf. Endlich hängt es auch von der Beschaffenheit des Untergrundes ab, ob er mehr oder weniger von dem auf ihn gefallenen Regen einsaugt, wobei z. B. Sand- und Thonboden oder dichter Felsboden Gegensätze sind.

Für die grösseren Flüsse und Ströme ist, was das jährlich abgeführte Wasserquantum anbetrifft, die Menge des Niederschlags nach Abzug der Verdunstung zwar maassgebend, was aber die Hochwasserstände anbetrifft, so kommt es auf die Vertheilung des Niederschlages auf die einzelnen Zeiten des Jahres an, wozu dann noch die Grösse der Neigung des Terrains und, wie aus dem Früheren hervorgeht, die Dauer des Regens kommen. Je kleiner die Ge-

[1]) „Ueber die Eindämmung fliessender Gewässer", von Puvis, übersetzt von Müller. Wien 1847, Gerold.

[2]) Vergl. „Ueber den Einfluss der Entwaldungen und Landes-Meliorationen auf die Schiffbarkeit der Ströme", von P. Gräve. Berliner Bauzeitung. 1863. Heft 4—6, S. 285.

wässer sind, um so mehr wird der Einfluss einzelner starker Schauer in Frage kommen und um so plötzlicher und häufiger wird ein Anschwellen stattfinden. Die Angabe der jährlichen Regenmenge kann daher für diese Zwecke bei kleineren Gebieten wenig benutzt werden, während die Kenntniss einzelner starker Regen von mehr Interesse ist. So z. B. haben Marseille und Paris jährlich etwa gleich viel Regenhöhe [1]), ersteres 0,56 und Paris 0,53 Meter, doch ist das Klima ausserordentlich verschieden, da in Paris etwa 3 mal so viel Regentage vorkommen.

Noch erheblicher gestaltet sich der Unterschied zwischen durchschnittlicher und Maximal-Wassermenge in den Tropen. In dem nördlichen Theile von Südamerika [2]) beginnen mit Ende März die Gewitter und bilden sich Nachmittags, wenn die Hitze am grössten ist, von heftigen Regengüssen begleitet. Gegen Ende April fängt die nasse Jahreszeit an, der Himmel überzieht sich mit einem gleichförmigen Grau und es regnet täglich von 9 Uhr Morgens bis 4 Uhr Nachmittags; des Nachts ist der Himmel gewöhnlich rein. Allmälig wird die Zeit, wo es täglich regnet, immer kürzer und zuletzt regnet es nur noch des Nachmittags. Die Dauer der Regenzeit beträgt in verschiedenen Gegenden 3 bis 5 Monate.

Ebenso finden sich in Ostindien abnormale Regenverhältnisse, und obgleich die jährliche Regenmenge nicht gross, kommen doch in der Regenzeit starke Schauer vor. Der Jumnafluss in Ostindien [3]) hat bei gewöhnlichem Wasserstande eine Geschwindigkeit von $3^2/_3$ Fuss, bei grossem Hochwasser aber 15 Fuss. In der Zeit von November bis Mai ist der Wasserstand niedrig; der Wasserwechsel zwischen hoch und niedrig beträgt aber etwa 45 Fuss, bei aussergewöhnlichen Hochwasserständen im Jahre 1838 und 1861 war er sogar $51^1/_2$ Fuss, und es findet das Hochwasser nur ein Mal im Jahre statt. Andere Flüsse in British-Indien, welche auf dem Ghautgebirge entspringen, sollen noch grössere Differenzen zwischen hoch und niedrig Wasser, bis zu 70 Fuss, zeigen; der Mhyefluss, in welchen sich vom Ghautgebirge kommende reissende Bäche ergiessen, schwillt häufig 30—40 Fuss in einer Nacht an [4]).

Der jeweilige Stand des Wassers in einem Flusse oder Strome ist immer durch die Menge des in seinem Gebiete gefallenen Niederschlags nach Abzug der Verdunstung, welche wieder von der Temperatur abhängig ist, bedingt. Bei der Veränderung des Wasserstandes kommt es aber sehr darauf an, ob

[1]) Annales du conservatoire impérial des arts et métiers. 1854. Octobre, p. 254. Pluvioskope von Mangon.

[2]) Pouillet Müller, Physik und Meteorologie.

[3]) Berliner Bauzeitung 1854, S. 585; auch Humber, on iron bridges.

[4]) Civil Engineer and Architects Journal 1863, pag. 39. Bombay, Baroda and Central Indian Railway. Colonel Kennedy's System of construction for iron bridges.

der Niederschlag als Regen oder Schnee herabkam. In den Gegenden, wo der Niederschlag vorwiegend in Form von Regen bekannt ist, ist die Aenderung des Wasserstandes der Flüsse dem Niederschlage proportional. Der als Schnee herabfallende Niederschlag trägt aber erst dann zur Erhöhung des Wassers im Flussbette bei, wenn er geschmolzen ist. Verfliesst bis dahin, dass Letzteres geschieht, längere oder kürzere Zeit, so wird auch die Zeit, welche zwischen dem Niederschlage und der durch ihn verursachten Erhöhung des Wasserstandes im Strome liegt, kürzer oder länger sein. Da z. B. in den Hochalpen die mittlere Jahrestemperatur im Winterhalbjahre von October bis April unter dem Gefrierpunkte verharrt, so bleibt der während dieser Zeit herabkommende, höchst bedeutende Niederschlag in der Regel an der Stelle liegen, wo er herabfiel, und trägt, auch wenn er noch so ergiebig ist, nichts oder wenig zur Erhöhung des periodischen Wasserstandes der Flüsse bei; letzteres ist erst dann der Fall, wenn er tropfbar-flüssig wird. In solchen Fällen ist also von der Temperatur die Veränderung des Wasserstandes des Stromes in viel grösserem Maasse abhängig als von der Menge des Niederschlages, wie Prestel in dem unten citirten Aufsatze nachweist. Die Aenderung des Wasserstandes im Oberlauf des Rheins ist danach von der Temperatur in den höheren Alpenregionen abhängig und diesem genau proportional. Im Mittel- und Unterlaufe des Rheins muss die jährliche periodische Aenderung des Wasserstandes immer mehr von der Grösse des als Regen fallenden Niederschlages nach Abzug der Verdunstung abhängig sein und zuletzt damit übereinstimmen. Das Uebergewicht nämlich, welches das Gletscherwasser über das aus dem Niederschlage, welcher in Regenform erfolgt, am Fusse der Alpen hat, wird weiter abwärts mit jedem in den Rhein mündenden wasserreichen Nebenflusse immer mehr herabgedrückt [1]).

Bei kleineren Gewässern in gebirgigen Gegenden, wo grosse Anhäufungen von Schnee auf den Hängen stattfinden, wird daher meistens bei raschem Schmelzen des Schnees die grösste Wassermenge erfolgen, am meisten bekanntlich dann, wenn die Temperatur sich plötzlich ändert und zugleich Regen fällt, welcher das Aufweichen des Schnees begünstigt. Am 15. November 1864 fanden in der päpstlichen Delegation Viterbo, in Umbrien, Toscana und Lucca durch Wasser erhebliche Verwüstungen Statt, am meisten in der Umgegend des Thales der Lima. Die Ursache hiervon war, dass schon Ende September die Apenninen entlang hoher Schnee gefallen war, welcher durch den plötzlich eintretenden Sirocco rasch geschmolzen war und eine heftige Anschwellung der

[1]) Prestel, „die Aenderung des Wasserstandes der Flüsse und Ströme in der jährlichen Periode, als der jährlichen periodischen Zu- und Abnahme des atmosphärischen Niederschlages und der Verdunstung genau entsprechend an Beobachtungen nachgewiesen". (Zeitschrift des Architecten- und Ingenieur-Vereins für das Königreich Hannover, Band I. 1864. S. 411.)

Giessbäche und Flüsse zur Folge hatte, welche Wege und Brücken in grosser Ausdehnung zerstörte.

Während bei einem Bache, wo sich die Niederschläge unmittelbar sammeln, und welcher durch keine eigentlichen Quellen gespeist wird, eine Veränderlichkeit des Abflussquantums entsprechend der Witterung sich zeigt und derselbe bei starken Regengüssen und Schmelzen des Schnees heftig anschwillt, schnell wieder versiegt und trocken wird, besonders im Gebirge, wo der feste undurchdringliche Boden keine Gelegenheit zum Einsickern und nachhaltigem Speisen durch Quellen giebt, sind bekanntlich die Vorkommnisse bei grossen Flüssen anders. Sobald der Weg, den das Wasser zu durchlaufen hat, an Ausdehnung gewinnt, findet eine gewisse Ausgleichung Statt, indem die Fluthwelle nicht nur das eigentliche Bette, sondern auch die Niederungen zur Seite füllen muss; indem nun die letzteren das aufgesammelte Wasser wieder dem Flusse zuweisen, so dehnt sich die Dauer der Anschwellung um so länger aus, je weiter der Weg ist, den sie zurücklegt [1]).

Die Verdunstung beträgt oft in wenigen Sommermonaten mehr als der Niederschlag, während in anderen Monaten der Niederschlag überwiegt; im Mittel während des ganzen Jahres gelangen wegen der Verdunstung, je nach der Beschaffenheit des Terrains nur 30 bis 75 Proc. des Niederschlages zum Ablaufe entweder direct oder durch Quellen. Bei der Ermittelung des Hochwassers kleiner Gewässer aus dem Niederschlage kommt indessen die Verdunstung, weil das Hochwasser sehr rasch erfolgt, nicht nennenswerth in Frage, und das Einsickern in den Boden dann am wenigsten, wenn das Hochwasser in Folge Aufthauens von Schnee erfolgt, wo der Boden meistens hart gefroren ist. Bei grösseren Gewässern aber hat man meistens andere Daten, als die aus der Grösse des Niederschlages zu entnehmenden, welche ersteren sicherer zur Bestimmung des Hochwassers resp. der Brückenweite führen, obgleich man immerhin das Niederschlagsgebiet zur Controle benutzen kann.

Um nun der Bestimmung der Wassermenge kleiner Bäche und Niederungen näher zu kommen, kann man im Allgemeinen annehmen, dass die stärksten Regen auch nur meist kürzere Zeit währen und sich auf einen kleineren Rayon vertheilen. Sie sind daher auch, wenn man nicht Ursache hat, nach der Lage des Baches das Schmelzen von Schnee als maassgebend vorauszusetzen, für die Wassermenge von kleineren Bächen bestimmend.

Als Beispiele von starken Regenfällen dient z. B., dass in Catskill am Hudson im Staate New-York am 26. Juli 1819 in $7^1/_2$ Stunden 18 Zoll engl. Regen gefallen sein sollen oder pro Stunde 2,252 Pariser Zoll; in Gibraltar in 25 Stunden im November 1826 33 Zoll engl. oder pro Stunde 1,19 Par. Zoll; in Montpellier am 28. September 1857 in 6 Stunden 4,8 Par. Zoll, oder pro

[1]) Vergl. Hagen, „Wasserbau, II. Theil, verschiedene Wasserstände".

Stunde 0,8 Par. Zoll; in Paris sollen in einer Stunde 1¾ Par. Zoll vorgekommen sein; in Salzwedel in der Altmark am 18. August 1862 bei einem wolkenbruchartigen Gewitter in 2¾ Stunden 2,8925 Par. Zoll, oder 1,0518 Zoll pro Stunde; in der Havana am 18. Juli 1854 in 2½ Stunden 2,64 Par. Zoll, oder pro Stunde 1,0565 Par. Zoll und in Cayenne in 10 Stunden 280 Millimeter oder pro Stunde 1,034 Par. Zoll; in Wandsworth, 12. Mai 1859 in 2 Stunden 2,17 Zoll; in Gloucester am 5. Juni 1859 in 1½ Stunden 1,6 Zoll.

Aus diesen Angaben ergiebt sich, dass in nördlichen Gegenden in einzelnen Fällen ebenso bedeutende Niederschläge stattfinden wie in den südlichen Theilen von Europa, ja selbst in tropischen Gegenden.

Für derartige Fälle wird man indessen kaum Brückenweiten zu dimensioniren haben und es würde nicht ökonomisch sein, da diese Fälle selten, oft in langen Jahren nicht vorkommen, deshalb grössere Kosten auf Bauwerke zu verwenden, weil man mit den Zinsen des Mehrcapitals in gewissen Zeiten die etwa weggerissenen Brücken würde wieder neu bauen und sonstige Nachtheile damit entschädigen können. Man wird daher einen mittleren Werth des Niederschlages zu Grunde legen und übrigens die zulässige Geschwindigkeit des Wassers in der Brücke für dies gewöhnliche Hochwasser nicht zu gross nehmen. — In ausserordentlichen Fällen wird dann die Brücke meistens noch im Stande sein, ohne Gefahr für ihren Bestand das Wasser mit grösserer Geschwindigkeit durchzulassen, zumal solche ausserordentliche Anschwellungen in Folge von Wolkenbrüchen etc. nur kurze Zeit zu währen pflegen.

13) Praktische Annahmen, welche zur Ermittelung der Weite von Durchlässen gedient haben.

Die Schwierigkeit und oft die Unmöglichkeit der Beobachtung in einzelnen Fällen, weil zur Zeit, wo man Durchlassweiten zu bestimmen hat, oft keine Regenfälle vorkommen, hat zu vereinfachten Voraussetzungen geführt, welche freilich, wie nach dem Vorhergehenden beurtheilt werden kann, immer nur ungenaue Resultate geben können. Indessen hat man sich, wo weiter keine Anhaltepunkte, z. B. ausgeführte Brücken etc., vorhanden waren, damit begnügen müssen, und die so bestimmten Weiten haben in den meisten Fällen, weil die angenommene zulässige Geschwindigkeit im Durchlass nur klein war, ausgereicht.

Bedient man sich der Formel

$$a = \frac{2\,F\,H}{T} \cdot \frac{1}{\sqrt{h_1}} \text{ (pag. 439)},$$

wie es bei der Bestimmung der Brückenweiten in der hannoverschen Südbahn geschehen ist, so hat man angenommen, dass $T = 2z = 2t$ ist, und dass also das Maximum stattfand, indem man $t = z$ voraussetzte. Man ist dann bei

dieser Annahme nach dem Früheren von der Form des Niederschlagsgebietes unabhängig, und begeht durch diese Voraussetzung unter Umständen freilich alle vorhin erwähnten Ungenauigkeiten. — Man hat ferner die Voraussetzung gemacht, dass die gesammte, während der Zeit t in Rechnung zu bringende Regenhöhe $= h t = H$, welche während T zum Abfluss gelangte, für eine bestimmte Gegend constant und zwar $= 1{,}66$ Zoll hannoversch $= {}^{10}/_{72}$ Fuss $= \frac{10}{246{,}5}$ Meter $= H$ sei, so dass also der Regenfall h pro Zeiteinheit um so kleiner angenommen ist, je länger der Regen währt. Drückt man nun F in Quadratmetern, T in Stunden, v in Metern pro Secunde und a und h_1 in Metern aus, so erhält man

$$a = \frac{2 F \frac{10}{246{,}5}}{T \,.\, 60 \,.\, 60} \cdot \frac{1}{v h_1},$$

also

$$a v h_1 = \frac{F}{44370\, T},$$

wonach man also die Zeit T für eine Fläche F wird beobachten müssen.

Für den Fall, dass man bei durch die Bahn abgeschnittenen Niederungen, welche für gewöhnlich trocken sind, keine Beobachtungen über T machen konnte, ist man in den Annahmen auf noch weniger Anhaltspunkte beschränkt gewesen. Man hat nach einigen Beobachtungen die folgenden Voraussetzungen für die in Frage kommende Gegend gemacht, dass nämlich Niederungen von dem angegebenen Quadratinhalte F in Quadratmetern in der angegebenen Zeit T in Stunden entwässern müssten:

F[1] =	653616	871488	1089360	1307232	1525204	1742976	1960848	□Meter
T =	12	14	16	18	20	22	24	Stunden.

Diese Zahlen lassen sich annähernd motiviren, wenn man, was höchstens für eine bestimmte Gegend annähernd zulässig sein mag, ein gleiches Gefälle der Niederungen und ähnliche Grundrissformen voraussetzt. Nimmt man z. B. die Länge L gleich der 4fachen Breite an, so ist also $F = 4 B^2$ und man erhält, wenn man $t = \frac{T}{2} = 6$ Stunden für 653616 Quadratmeter annimmt:

F =	653616	871488	1089360	1307232	1525204	1742976	1960848	□Meter,
L =	1616	1878	2088	2286	2470	2640	2802	Meter,
B =	404	469,5	522	571,5	617,5	660	700,5	Meter,
t =	6	7	7,78	8,49	9,34	9,97	10,39	Stunden,

so dass also oben die Geschwindigkeit in den grösseren Niederungen etwas geringer als in den kleineren angenommen wurde.

[1]) Dass die Quadratmeter nicht abgerundet angegeben sind, rührt daher, dass die Annahmen früher sich auf hannoversche Maasse bezogen.

Setzt man die obigen Werthe in die Formel

$$a v h_1 = \frac{F}{44370 T}$$

als abzuführende Wassermenge pro Secunde, so erhält man

F = 653616 871488 1089360 1307232 1525204 1742976 1960848 □Meter,

Cubikmeter pro Secunde und pro Quadratmeter Fläche abzuführen

$\frac{1}{532440}$ $\frac{1}{621180}$ $\frac{1}{709920}$ $\frac{1}{802660}$ $\frac{1}{887400}$ $\frac{1}{9761400}$ $\frac{1}{1064880}$ Cub.-Meter.

Zur Bestimmung von Brückenweiten mussten nun nach dem Obigen noch einige sachgemässe Voraussetzungen gemacht werden, welche mit Benutzung der vorher gefundenen die erforderlichen Grundlagen für ein Beispiel geben können.

1) Das Maximum der Höhe und Weite für einen Durchlass ist zu resp. 0,877 und 0,585 Meter festgestellt. Es empfiehlt sich ausserdem, die Anfänger der Bögen bei massiven Brücken oder die Unterkante der Träger bei eisernen Brücken wenigstens 0,3 Meter über den angenommenen höchsten Wasserstand zu legen, obgleich dies bei massiven Brücken nicht durchaus nothwendig und es in einzelnen Fällen erlaubt sein kann, dass die Oeffnungen ganz untergetaucht sind, sofern nur das Material des Gewölbes dies zulässt, also wasser- und frostbeständig ist.

2) Für den Wasserzufluss nach dem Durchlass wie für den Wasserabfluss nach dem Recipienten zu muss insofern Sorge getragen werden, dass das Wasser nach dem Durchlasse, wie auch von dem Durchlasse nach dem Recipienten (also z. B. dem Bach, in welchen hinein die Entwässerung mittelst eines besonderen Grabens, oder auch mittelst des Bahngrabens geschieht) unschädlich für den Grundbesitz geführt werden könne.

3) Die Geschwindigkeit des Wassers der anzulegenden Schläuche, welche das Wasser einer Niederung aufnehmen, oder der Bäche selbst, welche durch die Bahn geführt werden, wird der Sicherheit halber unter gewöhnlichen Umständen zu nur 0,585 Meter bis 1,00 Meter angenommen. — Bei festem Boden in der Sohle kann sie ausnahmsweise auch grösser angenommen werden. Ist die Geschwindigkeit des ankommenden Wassers wegen des Gefälles des Baches an sich schon grösser, so wird also die Brückenweite um so eher genügen, ist sie kleiner, so wird vor der Brücke ein Stau entstehen, den man genau genug angeben kann. Die Bahngräben müssen dann das erforderliche Gefälle haben, damit die nach Maassgabe ihres Querschnittes und der Wassermenge nöthige Geschwindigkeit zum Abführen des ermittelten Wasserquantums eintrete. Dieses Gefälle kann z. B. nach der Eytelwein'schen oder Bazin'schen Formel ermittelt werden. Ist dasselbe, wie durch die Rechnung gefunden, auf dem Terrain aus irgend Gründen (grössere Erdarbeiten wegen weniger oder mehr Gefälle des Terrains,) nicht herzustellen, so wird man einen

grösseren oder kleineren Querschnitt des Grabens den Terrainverhältnissen entsprechend herstellen, den man nach der Formel von **Bazin** ebenfalls berechnen kann.

Beispiele. Das Niederschlagsgebiet der Gleene in der zweiten Inspection der hannoverschen Südbahn beträgt nach der **Papen**'schen Karte 28087427 Quadratmeter und die Fluthdauer der Gleene bei starkem Regen oder Schneeweichen T ist zu 18 Stunden beobachtet. Es ist also die pro Secunde im Maximo abzuführende Wassermenge

$$a v h_1 = \frac{F}{44370 \, . \, T} = \frac{28087427}{44370 \, . \, 18} = 34{,}95 \text{ Cubikmeter,}$$

wo noch die gewöhnlich wegen der continuirlichen Speisung durch Quellen abfliessende Wassermenge hinzuzufügen ist, so dass die ganze Wassermenge etwa 37,4 Cubikmeter betragen mag. Es ist nach vorgenommenen Ermittelungen anzunehmen, dass beim Uebergangspunkte der Bahn sich die Gleene 1,756 Meter über ihre Sohle stellt und nach dem ermittelten Gefälle darf man annehmen, dass sich die Geschwindigkeit auf etwa wenigstens 1,01 Meter stellen werde. Man hat also

$$a v h_1 = 37{,}4 = a \, . \, 1{,}01 \, . \, 1{,}756, \quad \text{oder}$$

$$a = \frac{37{,}4}{1{,}01 \, . \, 1{,}756} = 21{,}1 \text{ Meter}$$

als Durchflussweite für diese Brücke.

Würde die Brücke nun z. B. bei Hochwasser im Rückstau eines grösseren Gewässers (der Leine), wohinein die Gleene mündet, zu liegen kommen, so dass zur Zeit des Hochwassers die Inundation bis zur Gleene-Brücke reichte, so würde, wenn unterhalb der Brücke die Geschwindigkeit in der Richtung der Gleene gleich Null ist, ein Stau von

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{(1{,}01)^2}{2 \, . \, 9{,}81} = 0{,}052 \text{ Meter}$$

oberhalb der Brücke genügen, um diese Geschwindigkeit hervorzubringen, so dass dann die Tiefe vor der Brücke $= h + h_1 = 1{,}808$ Meter etwa betragen würde.

Um hier noch einen Vergleich mit einer halbkreisförmigen Schlucht zu machen, sei deren Fläche 28087427 Quadratmeter, dann ist der Halbmesser $L = 4189{,}4$ Meter. Regnet es z. B. 6 Stunden lang $= t$, ist ferner $z = 12$ Stunden und ist $h t = H = \frac{100}{2465}$ Meter, wie früher angenommen, ferner $h_1 = 1{,}756$ Meter und $v = 1{,}01$ Meter, so hat man nach dem Früheren

$$a = \frac{F H}{h_1 v} \, . \, \frac{(2z - t)}{z^2},$$

wenn Alles in Metern

$$a = \frac{28087427 \, . \, \frac{100}{2465}}{1{,}756 \, . \, 1{,}01 \, . \, 60 \, . \, 60} \, . \, \frac{(24 - 6)}{144} = 22{,}15 \text{ Meter.}$$

Fällt aber, wie bei der Gleene vorausgesetzt, dieselbe Wassermenge in 9 Stunden $= \frac{T}{2}$, ist also $z = t$, so erhält man

$$a = \frac{F H}{h_1 v} \cdot \frac{1}{t}$$

$$a = \frac{2 F H}{T} \cdot \frac{1}{v h_1} = 19{,}7 \text{ Meter},$$

also dieselbe Formel wie für das parallelförmige Becken gefunden, wesshalb, wenn man statt der früher gefundenen 34,98 Cubikmeter nun 37,1 Cubikmeter, wie bei der Gleene geschehen, setzt, als Weite erhält

$$\frac{37{,}1 \cdot 19{,}7}{34{,}98} = 21{,}1 \text{ Meter},$$

wie oben gefunden. Unter der Voraussetzung, dass also die Regenzeit gleich der halben Zeit des ganzen Verlaufes, fällt, wie früher nachgewiesen, der Einfluss der Form der Schlucht fort, und nur die Grösse der Fläche ist bei gleicher Höhe des Niederschlages und bei gleicher Abflusszeit entscheidend.

Beispiel 2. Die Gande hat ein Niederschlagsgebiet von $F = 119697519$ Quadratmeter und die ganze Abflusszeit bei Anschwellungen während starken Regens beträgt 30 Stunden. Man hat daher für die Wassermenge pro Secunde

$$\frac{F}{44370\, T} = \frac{119697519}{44370 \cdot 30} = 89{,}62 \text{ Cubikmeter}.$$

Diese Wassermenge kann man mit der aus anderen Daten ermittelten vergleichen. Man hat nämlich folgende Daten und Maasse ermitteln können.

Das Profil der Inundation ist, obgleich sich der Bachschlauch in der Breite an vielen Stellen verschiebt, etwa das in Fig. 10, Taf. II. angegebene. Der Querschnitt des Hauptschlauches ist $a = 17{,}1$ □ Meter, der Perimeter $= p = 9{,}84$ Meter, das ermittelte Gefälle bei Hochwasser $\frac{h}{l} = \frac{1}{440}$ in genügender Länge oberhalb und unterhalb der Brückenbaustelle. Die Geschwindigkeit bei Hochwasser ist nicht bekannt geworden. Für die seitwärts gelegenen Inundationsprofile ist $a = 25{,}1$ Quadratmeter, $p = 28{,}8$ Meter, $\frac{h}{l} = \frac{1}{440}$.

Bazin[1]) giebt für die Bewegung des Wassers in Wasserläufen von Erdwänden und natürlichem Boden folgende Formel, ähnlich wie die bekannte Eytelwein'sche, nur dass er den Einfluss der Tiefe berücksichtigt.

$$\frac{a}{p} \cdot \frac{h}{l} = 0{,}00028 \left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right) v^2, \text{[2])}$$

[1]) Comptes rendus, 1864.

[2]) Schreibt man $v = k \sqrt{\frac{a h}{p l}}$, so erhält man für

t =	1/3	2/3	1	4/3	5/3	2	7/3	8/3	3	Meter
k =	27,44	35,32	39,86	43,05	45,20	46,92	48,28	49,32	50,40	„

worin t die Tiefe bedeutet. Diese Formel soll etwas genauere Resultate geben als die Eytelwein'sche, welche nicht die Tiefe, sondern nur Querschnitt und Perimeter berücksichtigt.

Für den Flussschlauch, welchen man wegen der verschiedenen Tiefe vom Inundationsgebiete getrennt behandeln muss, erhält man, weil t = 2,93

$$v = \sqrt{\frac{17,1}{9,81} \cdot \frac{1}{440} \cdot \frac{1}{0,00028\left(1 + \frac{1,25}{2,93}\right)}}$$

$$v = 3,14 \text{ Meter,}$$

und für das inundirte Terrain, wo t = 0,936

$$v = \sqrt{\frac{25,1}{28,8} \cdot \frac{1}{440} \cdot \frac{1}{0,00028\left(1 + \frac{1,25}{0,936}\right)}}$$

$$v = 1,757 \text{ Meter.}$$

Die Wassermenge ist also

im Flussschlauch	= 17,1 . 3,14 =	57,2 Cubikmeter,
in der Inundation	= 25,1 . 1,757 =	44,1 "
	zusammen	101,3 Cubikmeter.

Die Uebereinstimmung mit der auf andere Weise gefundenen Wassermenge ist so genau, wie man sie unter den Voraussetzungen verlangen kann und wohl mehr zufällig. Bei dem unregelmässigen Boden des Baches ist die Wassermenge jedenfalls sehr reichlich, wesshalb man etwa 85 Cubikmeter als zutreffend wird setzen können.

Die zulässige Geschwindigkeit unter der Brücke hängt nun von der Beschaffenheit des Bodens an der Brückenstelle ab. Nimmt man zur Sicherheit statt 3,14 Meter nur etwa 2,05 Meter Geschwindigkeit an, wobei man dann die Contraction vernachlässigen kann, so erhält man also das nothwendige Durchschnittsprofil $= \frac{85}{2,05} = 41,5$ Quadratmeter.

Für den Bachschlauch hat man 17,1 Quadratmeter, bleiben also für die Profile zu beiden Seiten 24,4 Quadratmeter. Gräbt man nun auf eine hinlängliche Länge oberhalb und unterhalb der Brücke z. B. 150 Meter zu jeder Seite in das Inundationsterrain verlaufend dasselbe bis auf 1,75 Meter Tiefe ab, so hat man für die Weite der Brücke über die 5,85 Meter des Bachschlauches hinaus $1,75\, x = 24,4$, also $x = 13,93$ Meter, wenn die Geschwindigkeit hier dieselbe wie im Bachschlauche wäre (Fig. 11). Nach der Formel von **Bazin** verhält sich aber die Geschwindigkeit im Bachschlauche zu der in der Abgrabung, da das sich herstellende Gefälle in beiden dasselbe ist, wie

$$\sqrt{\frac{17,1}{9,81}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\left(1+\frac{1,25}{2,93}\right)}} : \sqrt{\frac{24,4}{17,43}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\left(1+\frac{1,25}{1,75}\right)}}$$

$$= 1,106^{*} : 0,915,$$

also ist die Geschwindigkeit in der Abgrabung, wenn die im Schlauch $= 2,05$ Meter ist, $= \frac{915}{1106} \cdot 2,05 = 1,7$ Meter; mithin kommt man der Wahrheit näher, wenn man die Abgrabung auf $\frac{2,05 \cdot 13,93}{1,7} = 16,8$ Meter Breite, wofür rund 17 Meter gesetzt werden können, annimmt.

Das Profil unter der Brücke würde demnach die in Fig. 12 angegebenen Dimensionen erhalten.

Selbstredend gilt diese Ermittelung und gelten die Maasse des Profils auch, wenn der Bachschlauch, was meistens der Fall, nicht in der Mitte des inundirten Thales, sondern dem einen (concaven) Ufer näher liegt. Wenn Pfeiler vorkommen, muss selbstverständlich die lichte Durchflussweite dieselbe bleiben. Für Contraction wird man, da diese Rechnungen kaum mehr als blosse Schatzungen sind, kaum etwas hinzuzusetzen brauchen. Will man dies, so kann man für jede Oeffnung 8 bis 10 Proc. Lichtweite mehr annehmen. Die Verringerung der Geschwindigkeit wird eine Senkung des Wasserspiegels an der Brückenbaustelle zur Folge haben, die sich a priori kaum genau angeben lässt, und es wird eine Tendenz zum Verschlammen der Abgrabung sich einstellen, worauf sich die Geschwindigkeit vergrössern und der Wasserstand wieder etwas heben würde, wenn die Abgrabung nicht von Zeit zu Zeit aufgeräumt wird.

Beispiel 3. Eine Niederung bei Stat. 755 ist 857623 Quadratmeter gross, T = 14 Stunden, die Tiefe im Abzugsgraben h_1 wird $= 0,585$ Meter, die zulässige Geschwindigkeit $v = 0,73$ Meter angenommen. Man hat für die Weite

$$a = \frac{F}{44370\,T} \cdot \frac{1}{v\,h_1} = \frac{857623}{44370 \cdot 14} \cdot \frac{1}{0,73 \cdot 0,585}$$
$$= 3,25 \text{ Meter.}$$

Die grösste Wassermenge ist also $3,25 \cdot 0,585 \cdot 0,73 = 1,386$ Cubikmeter pro Secunde. Eine nahe gelegene vorhandene Brücke ist 2,34 Meter weit und die vorliegende ist 3,2 Meter weit gemacht.

Beispiel 4. Eine Niederung in Stat. 712 hat 428811 Quadratmeter Fläche, T ist zu 12 Stunden angenommen, $v = 0,73$ Meter, $h_1 = 0,585$ Meter,

$$a = \frac{428811}{44370 \cdot 12} \cdot \frac{1}{0,73 \cdot 0,585} = 1,89 \text{ Meter,}$$

und die grösste Wassermenge $= 1,89 \cdot 0,73 \cdot 0,585 = 0,808$ Cubikmeter pro Secunde.

Beispiel 5. Für den Edesheimer Bach in Stat. 721 + 7 hat man folgende Daten F = 5788958 Quadratmeter, T = 30 Stunden, und nach der

Beschaffenheit des Ufers kann sein $h_1 = 1{,}17$ Meter und v wird zu 0,878 Meter zulässig angenommen, dann ist

$$a = \frac{5788958}{44370 \,.\, 30} \cdot \frac{1}{1{,}17 \,.\, 0{,}878} = 4{,}25 \text{ Meter},$$

und die grösste Wassermenge = 4,25 . 1,17 . 0,878 = 4,37 Cubikmeter pro Secunde. Wäre die gewöhnliche bekannt und erheblich genug gewesen, so hätte man die Weite der Brücke entsprechend dem Verhältniss der Summe der gewöhnlichen und der grössten Wassermenge, zu der grössten oben ermittelten, vergrössern müssen. Man hat 4,38 Meter Weite genommen.

Beispiel 6. Für den Engelsbach in der Harburg-Lehrter Bahn ist nach Angaben von Blohm F = 13072320 Quadratmeter, T = 36 Stunden; ferner kann man annehmen $h_1 = 1{,}46$ Meter und v = 0,877 Meter. Dann ist

$$a = \frac{13072320}{44370 \,.\, 36} \cdot \frac{1}{1{,}46 \,.\, 0{,}877} = 6{,}41 \text{ Meter},$$

und die grösste Wassermenge ist 6,41 . 1,46 . 0,877 = 8,2 Cubikmeter pro Secunde, während Blohm nach anderen Ermittelungen 8,03 Cubikmeter findet. Diese grosse Uebereinstimmung ist selbstredend nur zufällig.

14) Zu ermittelnde Daten bei Bestimmung der Durchflussweite.

Für die Bestimmung der Durchflussweite kleinerer Gewässer, Bäche etc. wird man nach dem Vorhergehenden etwa die folgenden Vorarbeiten machen, um die erforderlichen Daten zu erhalten.

Die der Durchschnittslinie der projectirten Strasse oder Eisenbahn zunächst gelegenen Brücken sind für den neuen Durchlass in der Strasse oder Bahn maassgebend, vorausgesetzt, dass sie das Hochwasser gehörig abgeführt haben, dass das Gefälle des Baches an dieser Stelle mit dem Gefälle an der neuen Stelle übereinstimme, und dass, falls die Brücke weiter unterhalb zu liegen kommt, der Hochwasserstand des Recipienten (Flusses etc.), wohinein der Bach mündet, keinen Rückstau erzeugt, der das Gefälle des Baches verändert und verringert. Die Wassermenge, welche zwischen zwei Brücken, die nicht sehr entfernt sind, z. B. für die unterhalb liegende hinzukommt, ist in manchen Fällen ohne grosse Schwierigkeit genau genug zu schätzen, und grosse Fehler bei Bestimmung von Brückenweiten sind, wenn in der Nähe Brücken vorhanden sind, kaum zu begehen.

Für die Bestimmung der Durchflussweiten der Sturzbäche, die zu Zeiten fast trocken sind, jedoch bei Schneeweichen und starken Gewittern viel Wasser führen, muss das Querprofil des Sturzbaches ausgemessen und die Höhe der

Anfüllung mit Wasser thunlichst genau erkundigt werden, um Anhaltspunkte zu haben.

Zu den sonstigen Vorarbeiten, welche man im Allgemeinen zur Beurtheilung noch beschaffen wird, gehören etwa die folgenden, vorausgesetzt, dass man nicht Beoachtungen zur Zeit des Hochwassers über Geschwindigkeit, Querschnitt und daher Wassermenge direct machen kann, welche selbstredend am sichersten zum Ziele führen, wobei indessen immer eine Vergleichung mit den Wassermengen, die aus dem Niederschlagsgebiete in ähnlicher Weise wie im Vorliegenden bestimmt sind, von Interesse sein und zur Controle dienen kann.

1) Das Querprofil des Baches in der Durchschnittslinie der Strasse oder Bahn muss aufgenommen werden und sind die verschiedenen Wasserstände darin anzugeben.
2) Für jeden Bach muss das Niederschlagsgebiet (genau genug auf einer guten, mit Bergzeichnung versehenen Karte in $^1/_{50000}$ bis $^1/_{100000}$ Maassstab) ermittelt und die Dauer der höchsten Anschwellung erkundigt werden.
3) Es muss für jeden Uebergangspunkt ein Längendurchschnitt in der Achse der Strasse oder Bahn angefertigt, auch angegeben werden, ob die Strasse oder Bahn den Bach rechtwinklig, oder unter welchem Winkel schief schneidet.
4) Das Gefälle des Baches ist eine Strecke oberhalb und unterhalb der Uebergangsstelle zu nivelliren und zu untersuchen, auch im Profil anzugeben, ob der Recipient mit seinem Hochwasser auf den Abfluss des Baches eine Einwirkung zu äussern vermag.

Endlich ist noch bei Bächen, deren Ueberbrückung in der Nähe der Einmündungsstelle in einen grösseren Wasserlauf sich befindet, was oft der Fall ist, wenn die Strasse oder Bahn parallel mit einem Flusse in dessen Inundationsgebiete liegt, zu beachten, dass durch den Rückstau des Flusses der Durchlass über den Bach im Stauwasser zu liegen kommen kann, wobei indessen zu berücksichtigen ist, dass häufig die Hochwasserstände beider Gewässer nicht zu gleicher Zeit stattfinden. Die Tiefe des Baches wird dann in letzterem Falle von der Höhe des Hochwasserstandes im Flusse bedingt und das vom Bache herabkommende Wasser kann nur durchfliessen, indem sich oberhalb vor der Brücke ein gewisser Stau herstellt, welcher, wenn das Durchflussprofil und die Wassermenge des Baches, also auch die Durchflussgeschwindigkeit v bekannt sind, sich aus $\frac{v^2}{2g}$ = Stauhöhe, annähernd berechnet. Die Weite der Brücke ist dann (bei bekannter Tiefe des Baches an der Uebergangsstelle) so anzunehmen, dass einmal kein für die Anlieger schädlicher Stau entstehe und ferner, dass die Geschwindigkeit die Sohle des Durchlasses nicht angreife, event. wird man diese in bekannter Weise befestigen müssen. Wird die Ge-

schwindigkeit sehr klein angenommen, so kann dies ebenfalls lästig werden, weil es vorkommen kann, dass die von der oberen mit stärkerem Gefälle behafteten Bachstrecke herunterkommenden gröberen Sinkstoffe in der Nähe der Brücke liegen bleiben, so dass der Schlauch des Baches an dieser Stelle und die Brückenöffnung bei eingetretenem, niedrigem Wasser bisweilen ausgeräumt werden müssen.

X.

Praktische Bemerkungen über die bei Feststellung einer Brücken-Anlage und Bestimmung der Durchflussweite vorzunehmenden Vorarbeiten, und die Bestimmung der Durchflussweite selbst.

(Hierzu Taf. III. und Fig. 13 – 17 auf Taf. II.)

Wir beabsichtigen im Folgenden Dasjenige zusammenzustellen, was bei Vornahme von Vorarbeiten zu dem oben bezeichneten Zwecke erforderlich sein dürfte, und werden das im Eingange übersichtlich Angegebene im Verfolg dieser Bemerkungen etwas ausführlicher beleuchten.

A. Anordnung des Brückenüberganges im Allgemeinen.

1. Wahl der Uebergangsstelle.

Was zuerst die Wahl der Uebergangsstelle für eine Brücke anbetrifft, so hat man in wenigen Fällen wegen der aus anderen Gründen zweckmässigsten Lage der Strasse oder Eisenbahn, deren Ueberführung die Brücke vermittelt, grosse Auswahl in derselben. Man ist z. B. durch die zulässigen Curven, durch vorgeschriebene, nicht steiler zu machende Gradienten, zu denen eine bestimmte Entwickelung der Trace gehört, durch das Erforderniss, Erdarbeiten zu vermeiden, sich nicht zu sehr von der allgemeinen Richtung der Strasse zu entfernen etc., meistens in engeren Grenzen eingeschlossen.

Am vortheilhaftesten bezüglich der Herstellung der Brücke selbst wird es häufig sein, eine Stelle des Flusses zu wählen, wo der Lauf desselben nicht zu gekrümmt ist, wegen der Eisverhältnisse, insofern diese durch die Brückenanlage ungünstiger werden können, wo die Strasse die Richtung desselben normal schneidet und wo das Normalprofil des Flusses eine verhältnissmässig grosse Tiefe besitzt, auch das Hochwasserprofil eine nicht grosse Breite hat; denn an dieser Stelle wird man die kürzeste Brücke erhalten. An Stellen, wo der Fluss ein in der Breite ausgedehntes Hochwasserprofil und

geringe Tiefe im Schlauche hat, wird meistens eine grössere Länge der Brücke nöthig sein, weil die mittlere Tiefe geringer ist, als im ersteren Falle, und wenn man dieselbe auch durch Abgrabungen der Ufer, also Vertiefung des Hochwasserprofils oberhalb und unterhalb der Brücke vergrössern und daher die gesammte Weite kleiner machen kann als die Breite des Hochwasserprofils, wird man doch nicht bis unter eine gewisse Tiefe abgraben und dadurch selten so viel gewinnen können, als wenn man ein Profil mit grösseren Tiefen wählte.

Wenn indessen die Höhenlage der Strasse oder Bahn die Herstellung einer massiven Brücke, welche die grösste Höhe der Bahn über Hochwasser, verglichen mit Holz- oder Eisenconstructionen erfordert, nicht zulässt, oder wenn die einzelnen Weiten, in welche die Gesammtöffnung getheilt werden muss, aus anderen Gründen so gross werden, dass man gewölbte Brücken nicht wohl mehr anwenden kann, oder wenn aus sonstigen Gründen letztere nicht erbaut werden sollen, ist es nicht mehr von grossem Belange, ob die Brücke normal oder schräg den Wasserlauf schneidet, da es bei Herstellung einer eisernen oder hölzernen Brücke keine grossen Erschwernisse macht und, abgesehen von der dann erforderlichen etwas grösseren Länge der Pfeiler in der Richtung des Stromstriches, auch die Kosten nicht viel vermehrt werden, wenn man die Brücke schief überführen muss.

Eine Ueberführung in einer Curve wird man gern vermeiden, obgleich auch dafür Beispiele genug vorhanden sind, vielmehr die Brücke in ein gerades Alignement zu legen suchen, welches zweckmässig etwas länger ist, als die Brücke selbst. Ob die Brücke in einer Horizontalen oder in Steigungen gelegen, ist von geringerem Belang, sofern diese Steigungen die in der Strasse oder Bahn sonst vorhandenen nicht übertreffen. Unter Umständen kann es sogar bei sehr langen Brücken zweckmässig sein, sie von beiden Enden nach der Mitte ansteigen zu lassen, um der Schifffahrt dort mehr lichte Höhe zu gewähren (dies ist z. B. bei der Victoriabrücke über den Lorenzstrom geschehen und bei mehreren älteren massiven Brücken).

Sofern nun die Lage einer Brücke nicht durch die obigen Umstände vorzugsweise bedingt ist und sofern nicht noch Bedingungen, die in der Situation begründet sind, als maassgebende hinzukommen, z. B. der meistens nur geringe Verschiebung zulassende Durchgang durch eine Stadt, Verbindung bisher durch eine Fähre communicirender, bereits bestehender Bahnen oder Strassen etc., kann auch die Beschaffenheit des Baugrundes wegen der Fundirungen ein Hauptmoment zur Festlegung des Uebergangsorts werden, wenn sich z. B. bei einer grösseren Brücke, welche mehrere Wasserpfeiler in grösserer Tiefe erhalten muss, in nicht zu grosser Entfernung von der sonst gewählten Strassenrichtung ein erheblich besserer Baugrund fände, welcher minder tiefe Fundirung zuliesse oder etwa sonst erforderlich gewesene kostspielige, künstliche

Fundirungsarten vermeiden liesse. Hierüber müssen vergleichende Kostenanschläge, die Rücksicht auf etwaigen Zeitgewinn beim Bau etc. die Grundlagen der Entscheidung abgeben [1]).

Selten dürfte nur der Fall vorkommen, dass man bei Uebergängen über grössere Gewässer im Flussbette einzelne Hervorragungen, Felsen etc. fände, welche eine Gelegenheit zur erleichterten Herstellung eines Pfeilers abgeben könnten, so dass event. dieser Umstand auf die Eintheilung der Oeffnungen, in welche die Gesammtweite zu theilen ist, von Einfluss sein könnte.

Unter Umständen kann endlich die Beschaffenheit der Ufer in Frage kommen, da z. B. ein felsiges und festes Ufer die Herstellung von gewölbten Brücken, bei grösseren Weiten von Bogen- und Kettenbrücken insofern mit Ersparniss ermöglichen kann, als man dann weniger künstliches Mauerwerk zu den Widerlagern herzustellen braucht, um die Horizontalschübe oder Züge aufzunehmen, die sonst durch vollständig gemauerte Widerlager, oder bei Balkenbrücken durch Gurtungen der Eisenconstructionen aufgenommen werden müssen. In diesem Falle kann man also von der günstigen Beschaffenheit der Ufer profitiren, um an Baukosten zu sparen. Hohe Ufer können auch desshalb von Wichtigkeit werden, weil sie zu einer hohen, die Schifffahrt nicht störenden Lage der Brücke Gelegenheit bieten.

Ist man endlich in der Wahl der Brückenstelle am wenigsten beschränkt, so können auch noch, unter sonst gleichen Umständen, die Rücksichten in Frage kommen, dass es stets erwünscht ist, in der Nähe von Communicationen zu Lande oder zu Wasser zu sein, mittelst welcher die Herbeischaffung des

[1]) Besondere Hochwasserverhältnisse, welche auf die Wahl des Constructionssystems der Brücke wegen der Schwierigkeit, massive Pfeiler herzustellen, rückwirken können, kommen noch bei grossen Flüssen, z. B. in Ostindien und auch in Russland vor, wo die Differenzen zwischen Hoch- und Niedrigwasser erheblich sind, und das Hochwasser oft sehr schnell eintritt und schnell verläuft und dabei bedeutende Höhen erreicht, so dass Abdämmungen nicht herzustellen sind. Bei der Jumna-Brücke in Ostindien war z. B. der Wasserstand an der Brückenbaustelle 15 Fuss, in geringer Entfernung von derselben aber 65 bis 72 Fuss Tiefe unter Niedrigwasser. Die Geschwindigkeit bei gewöhnlichem Wasserstande der Jumna ist $3^2/_3$ Fuss pro Secunde, bei grossem Hochwasser aber 13 Fuss. Der Wasserwechsel bei gewöhnlichem Hoch- und Niedrigwasser ist ungefähr 45 Fuss, bei aussergewöhnlichen Hochwasserständen, wie in den Jahren 1838 und 1861 sogar $51^1/_2$ Fuss. (Berliner Bauzeitung 1864, S. 585.) Der Indus steigt zwischen seinen felsigen Ufern zu Attock 50 Fuss in einer Nacht und verwirft (etwa 800 englische Meilen von seiner Mündung) seine Stromrinne zuweilen um 3 englische Meilen (peculiarities of indian engineering by Medley, Civil Engin. and Arch. Journal 1863, pag. 39). Ueber Brücken unter diesen Verhältnissen vergleiche auch: Railways in the east and generally in high thermometrical regions by W. Davis Haskoll. London, Atchley 1863. Chapter VII und VIII, pag. 114 etc. Vergl. auch: Humber, a complete treatise on cast and wrought iron bridge construction. London 1861.

Materials an die Baustelle am billigsten und sichersten geschehen kann, wie es ebenfalls erwünscht ist, genügende, wasserfreie Lagerplätze für das Material zu grösseren Brücken und Raum für die Herstellung der erforderlichen, interimistischen Baulichkeiten, als Materialschoppen, Bauhütten, Schoppen für Betriebsmaschinen zum Wasserschöpfen etc. unmittelbar neben dem Brückenbauplatze zu haben.

Bei kleineren Wasserläufen zieht man oft vor, die Richtung letzterer so zu verändern, dass sie die Strasse normal schneiden, um schiefe Brücken zu vermeiden (Fig. 1, Taf. III), besonders dann, wenn man massive Brücken macht. Man erreicht dabei auch häufig noch den Vortheil, die Brücke im Trocknen bauen zu können und die Unterhaltungskosten einer Umleitung des Wasserlaufs während des Baues zu ersparen, und es ist von geringem Einfluss bezüglich der Kosten, ob man wegen der Krümmung des Wasserlaufs das Profil desselben an dieser Stelle um ein Weniges erweitern und die Brückenöffnung entsprechend vergrössern muss. Für sehr kleine, wenig Wasser führende Läufe kann man bei der Umleitung oft den anzulegenden Strassen- oder Bahngraben mit benutzen (Fig. 2).

Wird ein Wasserlauf an zwei oder mehreren in nicht grosser Entfernung von einander liegenden Stellen durch die Strasse geschnitten, so kann es vortheilhafter sein, ihn zu corrigiren und nur eine Brücke, als deren mehrere, zu bauen (Fig. 3); bei dieser Correctur hat man auch nicht selten Gelegenheit, eine Begradigung vornehmen zu können (Fig. 3). In einzelnen Fällen kann man auch durch Umlegung Brücken ganz vermeiden (Fig. 4).

Die Höhenlage einer Strasse in der Nähe der Brücke kann auch durch die stattfindenden Wasserverhältnisse hauptsächlich bedingt sein (Fig. 5). Führt z. B. die Brücke über einen eingedeichten grösseren Fluss, hinter dessen Deichen Marschen, welche unter dem Hochwasserspiegel gelegen, vorhanden sind, so würde, falls der Bahndamm durch diese Marschen von den anstossenden Geesthöhen her in etwa der Höhe des Deiches durchgeführt würde und nur Brückenöffnungen für den Durchlass etwa vorhandener Binnengewässer erhielte, die oberhalb der Brücke gelegene Marsch bei einem Deichbruche gegen den früheren Zustand vermehrten Wassernöthen ausgesetzt sein, weil das Wasser sich nicht wie früher nach unterhalb vertheilen und sich auf grössere Flächen ausdehnend einen niedrigen Stand annehmen, oder nicht so rasch, wie etwa früher, durch die Schläuche der Binnengewässer in den Hauptfluss abgeführt werden könnte. In einem solchen Falle kann man zwei Wege einschlagen, nämlich

1) die Strasse unter allen Umständen wasserfrei, also auf Deichhöhe, oder doch nahe so hoch legen und sie dann mit genügenden Durchflussöffnungen zum raschen Abführen des Wassers für den Fall eines Deichbruchs versehen (a der Fig. 5), oder

2) die Strasse oder Bahn, abgesehen von der Rampe, welche zum Ersteigen des Deichs nicht zu umgehen ist, auf der übrigen Länge in der Marsch nur so hoch legen, dass sie etwa $1^1/_2$ bis 2 Fuss über die jährlich wiederkehrenden, durch Himmelwasser, Curvenwasser oder Rückstau der Binnengewässer, bei Hochwasser des Hauptflusses, eintretenden Binnenwasserstände liegt, im Fall eines Deichbruches aber vom Hochwasser überströmt wird (b der Fig. 5). Die erstere Anlage ist wegen der ausgedehnten Brückenanlagen zur Herstellung der erforderlichen Durchflussweiten meistens sehr kostspielig und gewährt doch nicht immer vollständige Sicherheit, da immerhin die Strasse noch bei heftigem Wasserdrang gefährdet sein kann, und sie wird um so weniger motivirt sein, je seltener, wegen gehöriger Befestigung der Deiche, Deichbrüche zu erwarten stehen. In den meisten Fällen wird es, selbst bei erheblicher Frequenz, nicht von grossem Belang sein, dass die Strasse Gefahr läuft, in Abschnitten von vielen Jahren auf kurze Zeit, meistens nur einige Tage, überfluthet zu werden. Die angesammelten Zinsen des Mehr-Anlagecapitals des ersten gegen den zweiten Fall werden meistens hinreichen, die Nachtheile, welche bei solchem Unfalle entständen, zu decken.

Legt man dagegen die Strasse niedrig wie im zweiten Falle, so wird man meistens mit den Durchlässen für die etwa vorhandenen Nebengewässer und Abzugsgräben ausreichen, oder die zu mehrer Sicherheit noch ausserdem für nöthig gehaltenen erfordern, weil sie niedriger sind, viel geringere Anlagekosten. Man wird dann dem zu überströmenden Bahndamm flache Dossirungen (1 : 3 bis 1 : 5) geben, besonders an der Seite, wo das Wasser abstürzt, und die Brückensohlen gehörig befestigen, z. B. durch Pflasterung oder Betonirung, event. die Fundamente durch Spundwände, genügend tiefe Herdmauern etc. vor Unterwaschung und Auskolkung zu schützen haben und, wenn es nöthig ist, kann man statt der gewöhnlichen Befestigung der Böschungen durch Besodung, solche an besonders exponirten Stellen durch Steinbekleidung oder Pflasterung, besonders im Anschluss an die Brücken, damit das Wasser sich nicht etwa hinter denselben einen Weg bahne, befestigen.

Endlich kann auch noch der Fall vorkommen, wo die Strasse selbst den Deich bildet.

Die Breite der Brücken für Eisenbahnen steht, wo über den Trägern gefahren wird, aus Gründen der Construction, bei solchen, wo zwischen den Trägern gefahren wird, durch das erforderliche Normalprofil des freien lichten Raumes fest. Es ist bekannt, dass man längere Chausseebrücken nicht in der vollständigen Breite der gesammten Strasse überführt, sondern sie schmaler macht, um die Kosten des Oberbaues und der Pfeiler herabzuziehen.

2. Nothwendige Daten zur Ermittelung der Durchflussweite.

Zur Bestimmung der Durchflussweite einer Brücke müssen nun bekannt sein: die Wassermenge und die mittlere Durchflussgeschwindigkeit, woraus sich dann das erforderliche Durchflussprofil ergiebt, wenn man die Wassermenge pro Secunde durch die Geschwindigkeit in dieser Zeit dividirt, und dies so gefundene Profil wegen der stattfindenden Contraction etwas vergrössert und berücksichtigt, dass der Querschnitt etwaiger Strompfeiler abzuziehen ist. Um, wenn der Querschnitt des Durchflussprofils bekannt, die lichte Weite der Oeffnung zu erhalten, muss aber die Tiefe im Profil der Uebergangsstelle bei Hochwasser bekannt sein, welche vorhandene Tiefe von der Form des Flussprofils und dem Gefälle des Hochwassers an dieser Stelle bedingt ist und daher nicht willkürlich angenommen, oder etwa künstlich erheblich verändert werden darf.

Wenn die Bewegung des Wassers eine zwar permanente (wo durch jeden Querschnitt gleich viel Wasser fliesst), aber ungleichförmige ist, so dass also z. B. auf geringere Strecken oberhalb und unterhalb des Ueberganges die Geschwindigkeiten, resp. Gefälle wechseln, so sind deshalb auf diesen Strecken die Tiefen verschiedener Querprofile, da die Sohle des Flusses dem Wasserspiegel in diesen Fällen nicht parallel ist, oft erheblich verschieden. Man wird dann, um weitläufige Rechnungen zu vermeiden [1], eine mittlere Tiefe [2]) und ein mittleres Gefälle annehmen müssen, welches letztere bei Niedrig- und bei Hochwasser übrigens verschieden sein kann, und sich durch etwa gleichzeitig mit dem Bau der Brücke vorzunehmende Correctionen oder Abgrabungen, resp. Einschränkungen, die in Folge des Baues der Brücke selbst erforderlich werden können, herausstellen würde, dessen Bestimmung a priori aber meistens nur annähernd wird gemacht werden können. Diesem mittleren Gefälle bei Niedrig- und bei Hochwasser entsprechen nun mittlere Geschwindigkeiten bei jedem der Wasserstände, welche man unter Zugrunde-

---

[1]) Vergl. Rühlmann's „Hydromechanik, 1857, S. 132". Ungleichförmige Bewegung.

[2]) Uebrigens ist bei Ermittelung der mittleren Tiefe zu beobachten, dass solche möglichst bei höheren Wasserständen untersucht und bestimmt werde; denn bei diesen bleibt häufig das Flussbett nicht in dem Zustande, den es vorher bei Niedrigwasser hatte, namentlich dann nicht, wenn das Bett aus leicht beweglichem Material besteht. Bei höheren Wasserständen wird dies oft fortgeführt, bis zu einer Tiefe, wo der Untergrund fester wird, während zugleich die Geschwindigkeit abnimmt, so dass der Angriff in der Sohle sich vermindert. Dieser Umstand wird oft wenig berücksichtigt; temporäre Auskolkungen unter der Brücke können nicht schaden, sofern die Fundirungen derselben dadurch nicht gefährdet werden, und wenn man mit den Mitteln beschränkt ist, kann man, sofern unter der Sohle festere Schichten vorhanden, welche dem Auskolken eine Grenze setzen, die mittlere Tiefe grösser als sonst zulässig annehmen, um eine geringe Durchflussweite zu erhalten.

legung der vorausgesetzten Tiefe und der Form des herzustellenden Profils unter der Brücke und auf gewissen Strecken oberhalb und unterhalb derselben, annähernd durch Rechnung bestimmen kann, indem man am besten die Zahlencoefficienten der zu benutzenden Formel, wenn man Gelegenheit hat, aus Beobachtungen der Geschwindigkeiten und Gefälle in der Flussstrecke oberhalb und unterhalb der Brücke herleitet, oder eine sonst brauchbare Formel benutzt, welche der Beschaffenheit der Flussufer und der Sohle entsprechende Coefficienten besitzt. Es liegt in der Natur der Sache, dass man sich meistens mit Annäherungen wird begnügen müssen, die aber für den Zweck gewöhnlich ausreichen.

Würde man nun in der Absicht, die Weite der Brücke jedenfalls gross genug zu erhalten, die zulässige Geschwindigkeit in der Brücke erheblich kleiner als die gefundene annehmen, so würde man nicht nur eine grössere Durchflussweite und daher eine längere Brücke erhalten, sondern es könnte auch der Fluss geneigt sein, den zu grossen Querschnitt, sowohl bei Niedrig- als bei Hochwasser versanden zu machen, um ihn auf das Maass desjenigen Querprofils zu verkleinern, welches den resp. mittleren Gefällen und den mittleren Geschwindigkeiten unter der Brücke, die beide durch die Profile in grösseren Entfernungen oberhalb und unterhalb der Brücke mit bedingt sind, entspricht. Macht man aber, um an Durchflussweite, resp. Länge der Brücke zu sparen, die Geschwindigkeit unter der Brücke durch Einschränkung der Durchflussweite, resp. des Querprofils zu gross, so kann einmal ein den Oberliegern schädlicher Stau oberhalb der Brücke entstehen, oder auch die Flusssohle (wenn sie überhaupt von beweglichem Material ist) überdies Auskolkungen erleiden, die unter Umständen den Pfeilern gefährlich werden können. Endlich kann auch die grössere Geschwindigkeit unter der Brücke der Schifffahrt lästig werden.

Kommt aber der letztere Grund nicht in Frage und sind auch die Ufer hoch genug, um einen gewissen Stau zuzulassen, so kann man auch von derjenigen Geschwindigkeit ausgehen, welche an der Sohle zulässig ist, um das dort befindliche Material nicht in Bewegung zu setzen, und dann diese Geschwindigkeit der Berechnung der Weite zu Grunde legen. Zu dem Ende wird man wissen müssen, wie sich die grösste Geschwindigkeit an der Sohle zu der grössten Geschwindigkeit, die im Profil vorkommt, verhält, und daher auch das Verhältniss der mittleren Geschwindigkeit eines Profils zu der grössten in diesem Profil kennen müssen. Oder auch, wenn eine zulässige Stauhöhe gegeben ist, kann man die Geschwindigkeit, welche bei derselben an der Sohle der Brücke stattfinden wird, annähernd durch Rechnung ermitteln und untersuchen, ob durch sie die Sohle angegriffen werden kann. Sollte dies der Fall sein, so kann man den Stau, resp. die Geschwindigkeit durch Vergrösserung der Durchflussweite herabziehen, oder auch die Sohle der Brücke und das Bette des

Wasserlaufs auf genügende Länge oberhalb und unterhalb durch künstliche Befestigung mittelst Pflaster, durchgehender Betonbettungen etc. versichern, so dass Austiefungen nicht erfolgen können. Vergleichende Kostenberechnungen müssen ergeben, welche Weite bei Anwendung dieser Mittel das Minimum an Gesammtkosten ergiebt [1]).

Am weitesten würde man die Einschränkung der Weite treiben können, wenn man ein förmliches Wehr unter der Brücke herstellte, was aber meistens nur ausnahmsweise zulässig sein wird, und wodurch man in vielen Fällen wegen der vorzunehmenden Fundirungsarbeiten und der Befestigung des Grundes keine Ersparnisse gegen eine Brücke grösserer Weite, deren Sohle nicht befestigt zu werden brauchte, erreichen würde.

Am einfachsten und sichersten könnte es freilich erscheinen, die Wasserverhältnisse möglichst wenig zu ändern, und in einem ausgedehnten Ueberschwemmungsgebiete die Brücke ebenso weit zu machen, wie das Profil, in welchem überhaupt das Wasser noch fliesst, breit ist. Indessen würde eine solche Brücke wegen grosser Länge erhebliche Kosten verursachen. Man schränkt daher gewöhnlich die Weite ein, indem man den, durch die an die Brücke anschliessenden wasserfreien Dämme abgeschnittenen Theil des Hochwasserprofils durch Abgrabungen bis zu einer gewissen Tiefe, die sich genügend weit oberhalb und unterhalb der Brücke erstrecken, wieder herstellt, unter Berücksichtigung der Erfahrung, dass bei veränderter Wassertiefe die Geschwindigkeit bei gleichem Gefälle mit der Tiefe zunimmt (vergl. Fig. 7c).

Im Folgenden werden wir nun zuerst diejenigen praktischen Rücksichten zusammenstellen, welche zugleich bei weiterer Bearbeitung des Projectes zu nehmen sind.

B. Verschiedene bei der Anordnung des Ueberganges zu beobachtende Regeln.

a. Richtung der Strasse oder Bahn.

1) Normale Richtung gegen den Stromstrich.

Der Bahn- oder Strassendamm und die darin zu legende Brücke müssen den Stromstrich und das Thal (unter Thal hier die von der Begrenzungslinie des Hochwassers eingeschlossene Fläche verstanden) so viel nur möglich der normalen Richtung gegen letzteres nahe, oder normal schneiden. Hierbei ist also vorausgesetzt, dass das Hochwasser in seinem Stromstriche die Richtung des Thals verfolge. Wenn Abweichungen hiervon an der Uebergangsstelle vorkommen, wird man die Pfeiler parallel mit dem Stromstriche legen (Fig. 7a und 7c).

[1]) Vergl. übrigens die Note S. 460 wegen Bestimmung der mittleren Tiefe.

2) Stellung der Pfeiler.

Die Stellung der Pfeiler nach ihrer Längsachse wird, wenn die Brücke nicht normal übergeführt werden kann, dennoch parallel mit dem Stromstriche bei Hochwasser sein müssen, um dem Wasser besonders bei Eisgang möglichst ungehinderten Durchgang zu belassen. Die Brücke wird also in diesem Falle schief werden müssen (Fig. 7ª). Am einfachsten ist dann die Herstellung eines eisernen Oberbaues. Will man eine massive Brücke erbauen und die Schiefe dabei vermeiden, so kann es in Frage kommen, ob man den Versuch machen will, durch Herstellung einer genügend breiten und langen Mulde durch Abgrabung im Thale die Richtung des Stromstriches zu verändern, was bei nicht sehr grossen Thälern von Erfolg sein kann (Fig. 7ᵇ), und was auch da zweckmässig geschieht, wo der eigentliche Flusslauf mit der Brückenachse einen sehr schiefen Winkel bildet und zugleich stark serpentinirt (Fig. 7ᵇ).

3) Stromstrich und Wasserlauf bei mittleren Ständen.

Da, wo der Richtung des Stromstrichs, welche mit der allgemeinen Richtung des Thales häufig übereinstimmt, die Pfeiler parallel sind, stehen sie also nicht immer parallel mit dem Wasserlauf bei mittlerem Wasser im eigentlichen Flussschlauch (Fig. 7ª). Wenn dies (z. B. wegen Schifffahrt) hinderlich und auch, wenn der Wasserlauf von mittlerer Grösse stark serpentinirt, kann man oft ohne grosse Kosten denselben begradigen, so dass wenigstens annähernd auch die Richtung des eigentlichen Flussschlauches mit den Pfeilern parallel ist (Fig. 7ᵇ). Solche Correctionen sind bei kleineren Flüssen (z. B. Leine, Rhume, Werra, Fulda in der hannoverschen Südbahn) thunlich, bei grösseren Flüssen schwieriger und kostspieliger. Inzwischen stimmt bei Letzteren, sofern nicht häufig in unregelmässigen Linien angelegte alte Deiche in Frage kommen, die Richtung des Stromstriches meistens mehr mit der des Wasserlaufes bei gewöhnlichen Ständen überein, als bei kleineren Gewässern, deren Schlauch oft starke und vielfache Serpentinen bildet, so dass bei Hochwasser die Ufer oft quer überströmt werden.

4) Normale Weite der Oeffnungen.

In Fällen, wo eine Strasse oder Bahn nebst darin belegener Brücke ein Flussthal in schräger Richtung durchschneidet, muss selbstredend die Durchflussweite für eine Durchschnittsebene normal zur Richtung des Stromstriches oder des Thales gerechnet werden.

b. Fluthbrücken.

5) Theilung der Strömung bei Hochwasser.

Die Bildung des Thales und die davon abhängige Richtung der Strömung bei Hochwasser können, ausser einer Hauptbrücke, noch eine oder mehrere

sogenannte Fluthbrücken erfordern. Es kommt nämlich vor, dass sich der Stromstrich theilt, und dass sich Vertiefungen und Mulden im Thale vorfinden, welche Veranlassung sind, dass neben der Hauptströmung sich noch eine oder mehrere schwächere Strömungen in Betten von geringer Tiefe einstellen, an welchen Stellen die Erbauung von sogenannten Fluthbrücken indicirt sein kann. Unter anderem kommen solche Brücken meistens vor, wenn in den zu überschreitenden Fluss Nebengewässer münden, welche sich, in einer Niederung des Hauptthales fliessend, unterhalb des Ueberganges mit dem Flusse vereinigen (Fig. 8 und Fig. 9, a Hauptbrücke, b Fluthbrücke).

6) Fluthbrücken bei Dämmen, welche das Thal schräg schneiden.

In einem solchen Damme, welcher das Thal schräg schneidet, muss, weil sich das Hochwasser in der abgeschnittenen Ecke ausspiegelt, ebenfalls zuweilen auf Herstellung einer Fluthbrücke Bedacht genommen werden, um die behinderte Abwässerung des Terrains, dessen Gefälle meistens dem des Flusses folgt, in dieser Ecke gehörig wieder herzustellen (Fig. 10). Zuweilen wird man indessen dies durch einen Graben parallel mit dem Damme genügend erreichen können, wenn das fragliche Terrain nicht tief liegt oder nicht Sinken hat, durch welche der Damm geht, deren Entwässerung die Herstellung eines sehr tiefen Grabens erfordern würde. Endlich, wenn die Ausspiegelung eine schädliche Höhe für die Anlieger erreichen könnte, würde man eine Fluthbrücke erbauen müssen.

7) Richtung der Pfeilerachse bei Fluthbrücken.

Da durch diese Fluthbrücken fast niemals Schifffahrt stattfindet und die Geschwindigkeit in ihnen meistens geringer als in der Hauptbrücke ist, so wird man häufig, auch wenn der Damm schief gegen die Richtung der in ihnen stattfindenden Strömung ist, die Pfeiler normal gegen die Achse des Dammes legen können und so eine schiefe Brücke umgehen. Am ehesten wird man dies thun dürfen, wenn die Sohle einer solchen Brücke so gelegen ist, dass letztere erst dann erheblich Wasser abführt, wenn das Thal bereits in grosser Weite überschwemmt ist, und wenn etwaiger Eisgang vorzugsweise durch die Hauptbrücke seinen Weg nimmt.

8) Vertheilung des Durchflussprofils auf mehrere Brücken.

Werden ausser der Hauptbrücke Fluthbrücken angelegt, so vertheilt sich das erforderliche ganze Durchflussprofil also auf beide Arten Brücken. Dabei wird man aber berücksichtigen müssen, dass, wenn in den meisten Fällen die Sohle der Fluthbrücken höher liegt als die der Hauptbrücke, auch bei Hochwasser, wegen der geringeren Tiefe, die Geschwindigkeit in diesen Brücken

(bei gleichem Gefälle des Wasserspiegels) geringer als in der Hauptbrücke sein wird, wesshalb, wenn man einen gewissen Querschnitt von der Hauptbrücke abnimmt und ihn der Fluthbrücke zutheilt, der für die Wasserabführung äquivalente Querschnitt der Fluthbrücke im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeiten grösser sein muss.

c. Wasserstände und deren etwaige Veränderlichkeit in der Folge.

9) Höchster bekannter Wasserstand.

Bei den Bestimmungen der Wassermenge muss der höchste bekannte Wasserstand zu Grunde gelegt werden und wenn derselbe bei etwaigen Beobachtungen der Wassermenge nicht vorhanden war, so muss die beobachtete mittelst der gebräuchlichen Annäherungsformeln auf den höchsten Stand reducirt werden. Zu berücksichtigen ist auch, ob nicht wegen in Aussicht stehender Landes-Meliorationen, Beseitigung von Waldungen, Verkoppelungen, Herstellung von Abzugsgräben, Abdämmung von Niederungen, welche sonst das Hochwasser ausfüllte und aus denen es sich langsam in den Fluss beim Abnehmen des Hochwassers wieder ergoss, die Wassermenge bei Hochwasser, die innerhalb einer gewissen Zeit abfliesst, sich nicht vermehren könne, wobei dann auch die Höhe des Wasserspiegels steigen kann, da nun dieselbe oder auch eine grössere Wassermenge in kürzerer Zeit zum Abflusse gelangt. Das Geradelegen stark serpentinirender Gewässer und die Begradigung der Nebengewässer kann ebenfalls von Einfluss auf die Vermehrung des Hochwassers sein, wenn die Gefälle sich ändern und die Dauer des Verlaufs abgekürzt wird[1]) (Fig. 7c). Indessen wird man, falls solche Arbeiten nicht in naher Aussicht stehen, diese Rücksichten nicht zu sehr in die Waage legen und grössere Bauwerke nicht für erst spätere Zeiten und nur vielleicht eintretende Aenderungen der Wasserverhältnisse projectiren, da meistens die Möglichkeit einer Erweiterung der Brücke, wenn auch mit etwas grösseren Anlagekosten, als zur Zeit der Erbauung, vorhanden sein wird.

10) Erhöhung des Wasserstandes durch Stau.

In den meisten Fällen wird eine durch ein Thal geführte Damm- und Brückenanlage eine grössere oder geringere Erhöhung des früheren Hochwasserstandes oberhalb der Brücke durch Stau bewirken, oder man müsste, was selten geschehen wird, eine solche allmählige Erweiterung des Thales oberhalb und unterhalb der Brücke eingerichtet haben, dass solche das Gefälle

[1]) Die durch Fluss-Correctionen, Verkoppelungen und sonstige Meliorationen etc. entstehende Erhöhung des vordem stattfindenden, höchsten Wasserstandes wird aber dadurch wieder herabgezogen und begrenzt, dass die Vorfluth durch jene Verhältnisse begünstigt wird, d. h. dass bis zum Eintreten des höchsten Wasserstandes schon erheblich grössere Wassermengen als sonst abgeführt werden.

des Flusses an der Brückenstelle bei nicht vorhandener Brücke so weit veränderte, um eine Senkung des Wasserspiegels eintreten zu lassen, welche gleich dem Stau ist, der sich immer vor einer Brücke, welche Wasserpfeiler in fliessendem Wasser hat, erzeugen muss. Der eingetretene Stau, welcher wegen der verschiedenen Geschwindigkeiten, die in der Breite des Profils stattfinden können, ebenso wie die Stauweite in den meisten Fällen nur annähernd wird berechnet werden können, darf nicht den aufwärts der Brücke gelegenen Ländereien und Wohnungen schädlich werden. Er darf ferner, wie bereits bemerkt, nicht so hoch angenommen werden, dass die Geschwindigkeit unter der Brücke die Sohle angreifen oder Auskolkungen neben den Pfeilern verursachen könne.

In Fällen, wo die Ufer nur eine bestimmte Wasserhöhe halten und, wenn der Wasserstand höher wird, überströmt werden, wo dann die hinterwärts etwa tiefer liegenden Ländereien die Verpflichtung haben, das überfliessende Wasser aufzunehmen, wird man die Ufer, falls die Brückenanlage einen Stau über den früheren Stand erzeugt, entsprechend erhöhen müssen, um den Anliegern nicht mehr Wasser als bisher zuzuschicken. In einem solchen Falle würde es sich um eine genauere Bestimmung der Staucurve handeln [1]).

d. Höhenlage des Kämpfers bei massiven Brücken, oder der Brückenunterkante bei eisernen Brücken.

11) Höhe über dem höchsten Wasser wegen des Eisganges.

Die Höhenlage der Kämpferfuge bei massiven Brücken oder eisernen Bogenbrücken pflegt man nicht gern unter dem höchsten Wasser anzunehmen, damit das Wasser nicht an das Gewölbe treten, oder Eis solches beschädigen könne, vielmehr wird man noch etwas höher zu gehen suchen. Bei Halbkreisbögen wird man dazu am wenigsten in der Lage sein; die Höhenlage der Unterkante der Träger bei eisernen Balkenbrücken, oder der am tiefsten hinabreichenden Constructionstheile hölzerner Brücken wird ebenfalls 1 bis 2 Fuss über Hochwasser zu nehmen sein, um so mehr dann, wenn bei grösstem Hochwasser Eisgang stattfindet — was zwar nicht immer der Fall ist, weil bei einigen Gewässern das Eis bei niedrigeren Hochwasserständen wegzugehen pflegt — damit die sich aufeinander schiebenden Eisschollen nicht die Constructionstheile erreichen können. Bei grösseren Flüssen wird man oft das Maass von 2 Fuss aus diesem Grunde vermehren müssen, bei kleineren, die wenig Eisgang und dabei geringe Geschwindigkeit haben, im Nothfall auf das Minimum von 1 Fuss herabgehen können. Man lässt den Damm event. mit einer Rampe auf die Höhe der Brücke steigen und an der anderen Seite wieder herabfallen.

---

[1]) Vergl. Rühlmann's „Hydromechanik", S. 349 etc.; auch „Stauhöhe und Stauweite" von Gödeker, Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingen.-Vereins, Bd. VII, S. 135.

12) Höhenlage wegen Schifffahrt.

Ferner muss bei dem Wasserstande, wo noch Schifffahrt stattfindet, diese nicht behindert werden. Meistens legen vor einer grösseren Brücke die Schiffe die Masten nieder, zu welchem Zwecke man Mastenkrähne auf beiden Seiten der Brücke zum Niederlassen und Wiederaufnehmen errichten kann; Dampfschiffe kippen auch die Schornsteine. Sonst hervorragende, nicht zu beseitigende Theile, als: hoch aufgestapelte Ladungen, Cajüten, Zelte u. s. w. müssen mit gehörigem Spielraum wegen unruhigen Wassers passiren können, wobei erstgenannte Theile selbstredend am höchsten ragen, wenn das Schiff unbeladen ist. Auf den unteren Flussstrecken sind die Schiffe indessen häufig so construirt, dass ein Niederlegen der Masten nicht einzurichten ist.

13) Durchlassöffnungen für Schiffe.

In diesem letzteren Falle muss die Unterkante der Brücke, resp. das Gewölbe einer massiven Brücke, hoch genug liegen, um die Schiffe mit Masten durchzulassen, oder es muss eine Oeffnung mit einem beweglichen, weniger oder mehr breiten Theile, also eine Brücke mit einer Klappe für das Durchlassen des oberen Theils der Masten, oder eine Klapp-, Dreh-, Rollbrücke etc. gemacht werden. Diese Anlagen sind bei Strassen lästig, da sie Bedienung erfordern; bei Eisenbahnen sucht man sie wegen der grossen Gefahr, die damit für den Betrieb verbunden ist, wenn irgend thunlich, zu vermeiden, und wenn dies nicht angeht, wendet man ein sorgfältiges Signalsystem an, um die richtige Stellung der Brücke in genügender Entfernung mit der grössten Sicherheit erkennen zu können.

14) Veränderung der Strassenhöhe, um genügend hoch zu kommen.

Endlich ist die Höhe der Strasse oder Bahn selbst massgebend, da, wenn solche aus Gründen der zweckmässigsten Profilirung nicht wohl verändert werden kann, nur eine gewisse, oft beschränkte Höhe zwischen Strassenoberkante und Hochwasser disponibel ist. Bei geringer Höhe sind eiserne Oberbauten angezeigt und eine vergleichende Kostenberechnung muss ergeben, ob es zweckmässig ist, den an die Brücke stossenden Strassen- oder Bahndamm zu erhöhen und massive Constructionen, oder auch Holzconstructionen, von denen Erstere immer, Letztere meistens mehr Höhe der Fahrbahn über Hochwasser erfordern, als eiserne Brücken, zu verwenden. Bei Erhöhung des Strassendammes kommen mehr Erdarbeiten und mehr Bedarf an Grundfläche vor, oder auch, wenn man die Erdarbeiten einschränken will, wird sich meistens die Gradiente der Strasse verschlechtern. Bei der Brücke werden die Pfeiler höher. Bei Eisenbahnbrücken hängt die Anordnung der Träger und ihre Höhenlage zur Fahrbahn mit dieser Frage zusammen.

e. Eintheilung der Gesammtweite in mehrere Oeffnungen.

15) Wovon die Weite jeder von mehreren Oeffnungen abhängt.

Wenn die gesammte Durchlassweite der Brücke feststeht, so handelt es sich noch um die zweckmässigste Weite jeder einzelnen Oeffnung der Brücke. Die Weite letzterer hängt ab:

1) vom Eisgang, worüber an ausgeführten Brücken desselben Flusses oft Erfahrungen vorliegen;

2) von den Anforderungen der etwa vorhandenen Schifffahrt oder Flösserei;

3) von der Höhe der Brücke, weil die Kosten der Pfeiler mit der Höhe wachsen;

4) von der grösseren oder geringeren Schwierigkeit der Pfeilergründung, so zwar, dass bei schlechtem Baugrunde oder sonst kostspieliger Fundirung (grosse Wassertiefen, viel Wasserschöpfen, grosse Abdämmungsarbeiten etc.) man Ursache hat, die Spannweite der einzelnen Oeffnungen zu vergrössern, um die Zahl der Pfeiler zu verringern.

Die Rücksichten sub 3 und 4 erfordern also, dass die Kosten des Oberbaues und der Pfeiler zusammengenommen ein Minimum werden, vorausgesetzt, dass den Bedingungen sub 1 und 2 gleichzeitig genügt ist.

16) Pfeiler in der Stromrinne sind zu vermeiden.

Man vermeidet es thunlichst, einen Pfeiler in die Stromrinne zu stellen, weil dadurch der Wasserabfluss und die Schifffahrt beeinträchtigt, auch das Abtreiben des Eises erschwert werden, abgesehen noch von dem schlechten Aussehen einer solchen Anordnung bei einer Brücke mit wenigen, z. B. 2 oder 4 Oeffnungen.

f. Leinpfade.

17) Wo solche zu berücksichtigen.

Die Anlage von Leinpfaden, resp. von Oeffnungen für dieselben muss, wo Schiffszug vorkommt, berücksichtigt werden. Wenn vor einer Brücke Aufenthalte vorkommen, weil z. B. die Masten niedergelegt werden und man also Zeit hat, die Zugleine um die Brückenpfeiler herumzubringen, ist es nicht durchaus erforderlich, dass der Leinpfad in der Schifffahrtsöffnung befindlich sei, und er kann ohne Schaden weiter von ihr entfernt liegen oder durch eine besondere Oeffnung gehen. Zuweilen findet man auch einen Leinpfad auf jedem Ufer, wenn die Schiffe von beiden Seiten gezogen werden.

g. Allgemeine Bemerkungen.

18) Grosse Veränderungen in den Wasserverhältnissen sind zu vermeiden.

Ein Hauptgrundsatz ist, die bestehenden Wasserverhältnisse thunlichst wenig durch eine Brückenanlage zu verändern, wesshalb man in vielen Fällen es vorzieht, die Weite etwas reichlich anzunehmen, um so mehr, als die Kosten der Brücke (sofern man nicht desshalb eine Oeffnung mehr nehmen muss) dadurch meistens nicht erheblich wachsen. Man entschliesst sich daher nicht leicht, erhebliche Correctionen oder Verlegungen des Flusslaufes vorzunehmen. Immer wird man der Zustimmung der Interessenten oder Anlieger bündig sich versichern. Es ist vortheilhaft, die Gemeinden und Interessenten auch gegen Gewährung anderer Vortheile zu bewegen, wenn auch nur kleine Beiträge zu den Flusscorrectionen zu leisten, weil darin eine indirecte Zustimmung zu der Zweckmässigkeit derselben gefunden werden kann, welche sie sonst gern, wenn sie aus Vorkommnissen, die nicht durch die Brückenanlage herbeigeführt oder in ihr begründet sind, vom Hochwasser mehr als sonst zu leiden haben, anzweifeln, und dabei Entschädigungsklagen anstellen, die meistens zu sehr weitläufigen Verhandlungen führen.

19) Communication unter den Behörden.

Bei der Anlage grösserer Brücken seitens einer Strassen- oder Eisenbahn-Verwaltung findet immer eine Communication mit der Wasserbaubehörde statt, da diese mit den Wasserverhältnissen am meisten bekannt ist, auch werden häufig die Projecte kleinerer Brücken derselben zur Erklärung des Einverständnisses vorgelegt. Auf dazu anberaumten Terminen finden vor den Verwaltungsbehörden Verhandlungen statt, um das Einverständniss der Interessenten herbeizuführen. In streitigen Fällen entscheidet dann die Regiminalbehörde.

h. Eisstopfungen bei grösseren Brücken über eingedeichte Flüsse.

20) Wie solche möglichst zu vermeiden oder doch unschädlich zu machen sind.

Bei zweckmässig angeordneter Lage der Brücke und entsprechender Regulirung des Flusses kommen Eisstopfungen vor Brücken nicht eben häufig vor. Bei grösseren Flüssen und besonders im unteren Flusslaufe, wo die niedrig gelegenen werthvollen Marschen durch Deiche geschützt, deren Bruch durch eine Eisstopfung herbeigeführt werden und erhebliche Gefahren für die Bewohner derselben und Schaden an deren Eigenthum im Gefolge haben kann, treten die Maassregeln zur Abwehr dieser Gefahr in den Vordergrund. Man kann in

Kürze etwa folgende als die Maassregeln bezeichnen, welche Eisstopfungen bei Brücken möglichst zu vermeiden geeignet sind.

1) Wählt man für den Brückenübergang wo möglich eine Stelle, wo das Hochwasserprofil nicht zu sehr eingeschränkt ist, und wo das Strombett einen regelmässigen, ziemlich geraden Lauf hat, oder wo ihm doch ein solcher leicht gegeben werden kann.

2) Kommt der Uebergang bei einer Erweiterung vor, so stellt man durch Vorschieben des Bahndammes die normale Breite her, wobei man zugleich die Deiche gehörig anschliesst und auf dem Vorlande auf genügende Länge oberhalb und unterhalb des Brückenüberganges die etwa nöthigen Abgrabungen vornimmt. Hierdurch erreicht man, dass das Hochwasser in einem regelmässigen Schlauche zusammengefasst wird, und dass keine Verzögerungen in der Geschwindigkeit der Eisschollen in der Nähe der Brücke vorkommen, wodurch erstere ihr Bewegungsmoment zum Theil verlieren könnten (Fig. 10a)

3) Giebt man der Brücke nicht nur eine ausreichende Gesammtweite, um das Hochwasser ohne bedeutenden Aufstau durchzulassen, sondern man stellt auch die einzelnen Oeffnungen zwischen den Pfeilern in einer so grossen Weite her, wie es ohne überwiegende Constructionsschwierigkeiten geschehen kann. Diese kommen bei dem jetzigen Stande der Brückenbautechnik bekanntlich bei Weiten von 400 — 500 Fuss, welche in fast allen Fällen genügen werden, nicht vor.

4) Giebt man den Pfeilern, welche übrigens so tief zu fundiren sind, dass bei Eisversetzungen vorkommende Auskolkungen ihren Bestand nicht gefährden können, eine scharfe, das Eis brechende Form, oder, was noch wirksamer ist, man versieht sie in der Richtung, woher das Eis kommt, mit Eisbrechern in gegen den Horizont geneigter Lage. Endlich sorgt man dafür, dass die Eisdecke oberhalb und unterhalb der Brücke vor dem Aufbruche des Eises in nicht zu geringer Entfernung aufgeeist werde [1]).

5) Um die Gefahr für die oberhalb der Brücke liegenden Deiche bei Eisstopfungen zu verringern, regulirt man die Deichlinien, indem man vorsprin-

[1]) Vergl. über eiserne Eisbrecher: „Brücke über den Niemen bei Kowno, von Brammer". Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins, 1862, Band IX, S. 54, m. Z. — „Eiserner Eisbrecher in der Weser zu Bremen, von Berg". Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins, 1866, S. 46, m. Z. — „Notice sur quelques ponts métalliques des chemins de fer russes par Cezanne". Annales des ponts et chauss., 1864. Sept. et Octobre, m. Z. — „Eisbrecher von Eisen der Brücke bei Dünaburg über die Dwina". Oppermann, Nouvelles annales de la construction. April 1863, m. Z. „Hölzerne Eisbrecher der Brücke über die Yssel zu Westerwort" in den Verhandelingen van het koninklyk instituut van Ingenieurs 1856 bis 1857. Erste Aflevering. — „Als Eisbrecher geformte gemauerte Pfeiler der Victoria-Brücke über den Lorenz-Strom in Canada". Berliner Bauzeitung von Erbkam, 1860; auch in „Construction of the great Victoria bridge, Canada". By James Hodges. (Prachtwerk.)

gende Ecken, welche sich der Strömung und dem Eisgange entgegensetzen, abschneidet und verbessert die Deiche selbst, indem man sie den Umständen nach so viel erhöht und verstärkt, dass sie, so weit sich nach Kenntniss und Erfahrung darüber urtheilen lässt, dem Wasser bei einer Eisstopfung zu widerstehen vermögen.

Will man noch mehr thun, so kann man z. B.

a. dem einen Deich an dem am meisten dazu geeigneten Ufer nur eine solche Höhe geben, dass derselbe das eisfreie Hochwasser abhält und bei Eisstopfungen zuerst zum Ueberlauf kommt oder

b. man kann denselben, wenn er ausgedehnte bewohnte Gegenden nicht zu schützen hat, unter Umständen auch nur in starker Sommerdeichshöhe aufführen.

Legt man dann endlich den Bahndamm hinter den Deichen so, wie früher erwähnt, dass er nur genügend über dem höchsten Binnenwasser erhaben bei etwaigem Deichbruche überströmt wird, so wird man damit Alles, was möglich, gethan haben, um die eingedeichten Marschen zu schützen. Alle Gefahr lässt sich bei solchen Anlagen nicht vermeiden [1]). Fig. 10ᵃ giebt zwei Projecte für einen solchen Fall. Die punktirten Linien gehören zum Projecte AbbB, welches eine grössere Flussverlegung erfordert, die gestrichelten zum Projecte AaaA.

C. Speciellere Vorarbeiten.

a. Die erforderlichen Messungen.

1) Stromkarten.

Zur Entwerfung eines Projects für eine Brücke bedarf es zuerst gewisser Daten, zur Erlangung welcher Vorarbeiten gemacht werden müssen.

Eine vollständige Stromkarte ist dabei erwünscht, welche sich auf eine genügende Ausdehnung erstrecken muss. Der Maassstab von $^1/_{10000}$ ist reichlich klein, besser ist $^1/_{5000}$ oder der gebräuchliche Maassstab der Expropriationskarten von $^1/_{2000}$ und besser $^1/_{1000}$ für die Stelle bei der Brücke. Der Ursprung des Flusses wird dabei zweckmässig auf der linken Seite der Karte gedacht, damit die Schrift mit der Richtung der Strömung laufe [2]).

Es müssen in einer solchen Karte angegeben sein: die Uferlinien des Flusses bei niedrigem, mittlerem und grösstem Wasserstande.

Letztere sind nicht immer genau zu ermitteln und man muss sich oft begnügen, die Grenze der grössten Inundation durch Aussagen der Anwohner,

[1]) Vergl.: Eine interessante Anlage bezüglich der berührten Verhältnisse: Unruhe und Benda, „die Elbbrücke bei Wittenberge". Berliner Bauzeitung 1854. Auch Gutachten von Plener und Blohm in Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins. XIII. 1867. pag. 63—85. A.

[2]) Vergl. Hagen, „Wasserbau. Aufnahme von Stromkarten". Funk, „Beiträge zur allgemeinen Wasserbaukunde".

welche oft die höchsten Wasserstände durch Marken an Bäumen, an ihren Häusern, Mühlen etc. bezeichnen, zu erkundigen, wobei eine sorgfältige Controle und Vergleichung der verschiedenen Angaben stattfinden muss. Die Hochwasserstände, bei welchem Eisgänge vorkommen, sind ebenfalls zu erkundigen. Abbrüche, Verlandungen etc. müssen eingetragen und die Ursachen derselben, ob z. B. durch Angriff des Wassers, Eisgang, Schölung etc. entstanden, erkundigt werden.

Bei Nivellements-Arbeiten ist zu berücksichtigen, dass der Wasserstand des Flusses veränderlich ist, so dass die Wasserstände auf einen Zeitpunkt zu reduciren sind. Ferner sind Inseln und Sandbänke, Alluvionen, Weidenanpflanzungen, Uferbefestigungen der verschiedenen Arten, Faschinage oder Holz- und Steinbauten, influirende Nebengewässer und Gräben, die Grundstücke, welche vom Hochwasser überschwemmt werden, anzugeben; Sümpfe, alte Flussarme, Deiche, Wehre, Coupirungen, Seitencanäle, Pegel, Schleusen, Leinpfade, Anstalten zur künstlichen Entwässerung der niedrigen Ufer etc.

Endlich die Grenzen der anliegenden Städte, Dörfer oder einzelnen Etablissements, die Haupt- und Nebenwege, die Furthen, Fähren, Brücken, Stege, Mühlen, Landungsplätze für Schiffe, Schiffsbauplätze etc.

Eine so vollständige Karte ist meistens nur für die Zwecke der Stromregulirung und um zu einer allgemeinen Kenntniss der Verhältnisse zu gelangen, erforderlich. Für die Anlage einer Brücke genügt dieselbe schon, wenn auch einige der oben angegebenen Requisiten darauf fehlen.

Die Bodenbeschaffenheit der Flusssohle wird ebenfalls zu erkundigen sein, um Anhaltspunkte für die zulässige Geschwindigkeit unter der Brücke zu haben. Dies geschieht ausserdem bei Gelegenheit der Vorarbeiten für den Bau der Brücke, wo Bodenuntersuchungen, Bohrungen etc. bekanntlich gemacht werden.

2) Gefälle des Wasserlaufs, Nivellements.

Ein vollständiges Nivellement des Flusses bei den drei verschiedenen Wasserständen, welche am meisten interessiren, ist ferner erforderlich. Auf welche Länge dasselbe sich erstrecken muss, um für die Bestimmung der Brückenweite zu genügen, ist nicht allgemein zu sagen und wird dabei in Frage kommen, ob die Form der Profile in der Nähe der Uebergangsstelle wenig Abweichungen zeigt und das Bette sich im Beharrungszustande befindet, oder ob noch mit der Zeit, event. durch die Brückenanlage Veränderungen vor sich gehen können, ob mit der Anlage zugleich Correctionen nöthig werden etc. Dies Nivellement ist an möglichst viele, unveränderliche Fixpunkte anzuschliessen und hat besonders die oberhalb gelegenen Ländereien, Häuser etc. zu berücksichtigen, welche bei einem entstehenden Stau in Frage kommen könnten. In vielen Fällen wird man, besonders in der Nähe der Brücke, ohne viel mehr Arbeit ein vollstän-

diges Höhennetz nivelliren können, welches Quadrate von 5 oder 10 Ruthen auf der Karte umfasst. Diese Höhenzahlen trägt man in die Situation ein, wodurch man einen guten Ueberblick gewinnt. Zur besseren Uebersicht wird man dabei alle gemessenen Höhen auf einen gemeinschaftlichen Nullpunkt, gewöhnlich auf den, worauf die Höhe der Strasse oder Bahn bezogen ist, reduciren, während man bei Vornahme des Nivellements vorerst an passende Fixpunkte anschliessen kann, die man später auf den allgemeinen Nullpunkt bezieht

Die Wasserstände sind nun in ein Längenprofil einzutragen, wobei es selbstredend erforderlich ist, dass solche gleichzeitig beobachtet wurden, und man kann zu grösserer Deutlichkeit bei einem Uebersichtsprofil die Höhen in einem 10- bis 20fach grösseren Maassstabe als die Längen eintragen.

Man wird nach den gemachten Nivellements, in Anschluss an die auf andere Weise durch Peilungen zu messenden Querprofile des Flusses selbst, die Querprofile des ganzen Thals auftragen können.

3) Herstellung der Querprofile.

Zur Ermittelung der Wassermenge, welche der Fluss bei verschiedenen Ständen führt, ist es erforderlich, die Dimensionen seines Querprofils und die mittlere Geschwindigkeit in diesem Profile, oder die Geschwindigkeiten in einzelnen, der Grösse nach bekannten Theilen des Querprofils zu kennen. Die Ermittelung der Form des Profils geschieht durch Peilungen und die Form desselben ist um so genauer herzustellen, je näher man die Verticalen, in welchen die Tiefe gemessen wurde, bei einander legt. Bei grossen Flüssen, wo die Tiefen im Bette der Quere nach nicht in kurzen Abständen sehr verschieden zu sein pflegen, wird man sie etwas weiter (10—20 Fuss), bei kleineren etwas näher legen (5—10 Fuss), und wenn steile Ufer vorkommen, dort näher als an anderen Stellen; man wird dann das Profil z. B. in einem Maassstabe $^1/_{200}$ auftragen und es an das Quernivellement anschliessen, um so ein vollständiges Querprofil des Thales bis zur Inundationsgrenze zu erhalten, in welches die verschiedenen Wasserstände eingetragen werden, worauf man den Inhalt des zu jedem Wasserstande gehörigen ganzen Profils des Thales berechnen kann. Um für die Wasserstände keine zu grossen und wenig übersichtlichen Zahlen zu erhalten, kann man solche auf eine Null-Horizontale durch Niedrigwasser beziehen und die darunter befindlichen Tiefen mit blau, die darüber gelegenen Höhen mit roth bezeichnen, oder man kann auch den höchsten Wasserstand als Null-Horizontale annehmen, so dass man bis zur Grenze der Inundation nur blaue Zahlen erhält. Mit Hülfe dieser Messungen kann man nun in die Situation hinein, ähnlich wie man Horizontalcurven bei Situationen verzeichnet, Tiefenlinien unter Hochwasser construiren, wodurch die Höhenlage des Bettes sehr übersichtlich dargestellt wird.

Zweckmässig kann man auch diese Querprofile, welche nach Umständen in

Entfernungen von 10 bis 15 Ruthen von einander genommen sind, in eine in grossem Maassstabe aufgetragene Situation einzeichnen und zwar so, dass man sie sich in die Ebene des Grundrisses (also um 90° aus der Verticalebene) niedergelegt denkt, weil es unbequem ist, Situation und Profil aus verschiedenen Blättern mit einander vergleichen zu müssen.

Von Wichtigkeit ist es, in die Situation die Richtung des sogenannten Stromstriches, worunter man die Richtung der stärksten Strömung versteht, einzutragen. Bei gewöhnlichem Wasserstande wird sie meistens mit den tiefsten Stellen der Querprofile (der sogenannten Stromrinne) zusammenfallen, während sie bei höheren Wasserständen mehr von der Gestalt der hohen Ufer des Thales abhängig ist, so dass die niedrigen Ufer eines stark serpentinirenden Flusses oft quer überströmt werden. Man bestimmt die Richtung des Stromstriches möglichst annähernd dadurch, dass man den Weg ermittelt, welchen bei ruhiger Witterung freischwimmende Körper verfolgen.

Für den Zweck der Erbauung der Brücke sind auch graphische Tabellen der Wasserstände in den verschiedenen Monaten oder Wochen, welche eine möglichst lange Reihe von Jahren umfassen, deshalb erwünscht, weil man durch sie nach der Zeit, in welche der Bau fällt, die Höhe etwaiger Abdämmungen, welche während Herstellung der Pfeiler nöthig sind, besser bemessen und die während des Baues vermuthlich eintretenden Wasserstände besser beurtheilen kann. In dieser Tabelle müssen auch die Wasserstände mit Eisgängen angegeben sein.

b. Ermittelung der Wassermenge.

4) Allgemeines. Gleichförmige Bewegung des Wassers.

Je nachdem nun die Vorarbeiten mehr generelle oder specielle sind, also einen vorläufigen Entwurf etwa zum Zweck eines Kostenüberschlages, oder aber einen definitiven Entwurf zum Zweck der Erbauung der Brücke ermöglichen sollen, kann man sich mit mehr oder weniger vollständigen Daten begnügen und im ersteren Falle begnügt man sich oft mit Rechnungen, die sich auf die Kenntniss weniger Daten, die beobachtet oder gemessen sind, stützen, während bei genaueren Arbeiten man möglichst viele der nothwendigen Anhaltepunkte sorgfältig durch Beobachtung ermitteln wird, mit Instrumenten, welche die grösstmögliche Genauigkeit erwarten lassen.

Die vorhin erwähnten Profilmessungen wird man zu jeder Zeit machen können. Kommt kein Hochwasser während der Zeit der Vorarbeiten vor, so wird man wenigstens Kenntniss von dem Gefälle auf der in Frage kommenden Strecke bei irgend einem Hochwasserstande zu erlangen suchen müssen, welcher vom höchsten Wasserstande nicht sehr verschieden ist, da die Gefälle bei verschiedenen Hochwasserständen, besonders wenn die Querprofile in den Breiten

sehr abweichend sind, oft sehr verschieden ausfallen. Directe Messungen der Geschwindigkeiten und Bestimmungen der Wassermenge, wodurch man die Coefficienten der etwa gebrauchten Formeln durch eigene Beobachtung ableiten und eine Formel herstellen kann, deren Coefficienten mehr für das Local passen als die aus anderen Versuchen hergeleiteten, werden immer am meisten verbürgen, dass man, so weit es der Natur der Sache nach zu erreichen ist, Wassermengen, Geschwindigkeiten bei anderen Wasserständen etc. der Wirklichkeit am entsprechendsten bestimmt.

Nachdem also die Querprofile in genügender Anzahl gepeilt und aufgetragen sind, handelt es sich um die Bestimmung der Wassermenge, also zuerst um die Ermittelung der Geschwindigkeit an verschiedenen Stellen eines jeden Querprofils, woraus man eine mittlere Geschwindigkeit ableiten kann. Die Bewegung des Wassers in Wasserläufen erfolgt auf Grund seines Gefälles, so dass alles, in ihnen fliessende Wasser nothwendig Gefälle nach der Richtung des Abflusses haben muss. Wird die beschleunigende Kraft, welche hier wegen der Niveaudifferenz des Wasserspiegels auf eine gewisse Länge vorhanden ist, durch den Widerstand des Bettes auf dieser Länge aufgehoben, so wird die Geschwindigkeit am unteren Ende der Strecke gleich der am oberen Ende sein, und wenn das Bette eine nahezu gleiche Form hat, kann man genau genug annehmen, dass die Widerstände auf der ganzen Länge gleichmässig sich vertheilen, woraus folgt, dass in diesem Falle auf der ganzen Strecke eine gleichförmige Bewegung vorhanden und das Gefälle constant ist. In diesem Falle, wo also die Gleichförmigkeit der Bewegung des Wassers Gleichheit der Querprofile, also gleiche Breite und Tiefe, und weil das Wasserquantum gleich bleibt, gleiche mittlere Geschwindigkeit voraussetzt, wird auch der Boden des Flusses dem Wasserspiegel parallel sein. Auf dieser Strecke befindet sich denn auch der Fluss im Beharrungszustande und das Bette wird, auch wenn es aus beweglichem Material besteht, während des Vorhandenseins der vorausgesetzten Bewegung nicht verändert, abgesehen davon, dass Material aus den oberen Strecken, wo meistens die Geschwindigkeit grösser ist, herabgeführt wird und sich in Form von Sinkstoffen, deren Menge bei Hochwasser meistens am grössten (z. B. Rhein $^1/_{300}$, Nil $^1/_{120}$, Gebirgsflüsse oft bis $^1/_{40}$ ihres Inhalts), niederschlägt, wo die Geschwindigkeit klein genug geworden ist.

An solchen Stellen des Flusses, wo ein solcher Beharrungszustand besteht, spricht man auch, dass das Normalprofil, die Normalbreite und Normaltiefe vorhanden seien. Finden Einschränkungen statt und wird die Geschwindigkeit vergrössert, so sucht der Fluss sein Profil wieder herzustellen und zwar durch Vergrösserung desselben in der Breite und Tiefe, wenn die Beschaffenheit der Ufer und der Sohle dies zulassen. Gewöhnlich vergrössert sich zuerst die Tiefe, worauf die Breite nachfolgt, und wenn die Ufer letzteres

nicht zulassen, wenn z. B. feste Widerlager einer Brücke eingebaut sind, so wird die Vertiefung um so grösser ausfallen.

Indessen kann noch ein anderer Fall gedacht werden, wo die mittlere Geschwindigkeit constant ist. Legt man *Bazin's* Formel für die mittlere Geschwindigkeit bei der Bewegung des Wassers in Canälen mit Erdwänden zu Grunde:

$$v^2 = \frac{a\,h}{p\,l} \cdot \frac{1}{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right)},$$

worin, Alles für Metermaass, v die mittlere Geschwindigkeit, a den Querschnitt des Profils, p den Wasserperimeter, $\frac{h}{l}$ das Gefälle pro Längeneinheit und t die mittlere Tiefe bezeichnen, so ist v constant, wenn der Ausdruck rechts constant ist. Setzt man $a = \frac{Q}{v}$, wenn Q die Wassermenge pro Zeiteinheit bezeichnet, so ist auch, wenn man $\frac{h}{l} = \alpha$ setzt,

$$v^3 = \frac{\alpha}{p\left\{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right)\right\}}\,Q$$

und also v^3, daher auch v constant, wenn der Quotient auf der rechten Seite denselben Werth ergiebt, so dass also auch die Formeln über gleichförmige Bewegung da Anwendung finden können, wo letzteres genau genug der Fall ist, weil die Voraussetzung, die bei Herleitung dieser Formeln gemacht wird, in der Annahme beruht, dass die mittlere Geschwindigkeit in den auf einander folgenden Profilen sich nicht ändere, denn nur in diesem Falle durfte man annehmen, dass der Widerstand genau so gross sei wie die beschleunigende Kraft in Folge des Gefälles.

5) Ungleichförmige Bewegung.

Kommen aber auf einer Strecke *Beschleunigungen* und *Verzögerungen* und daher verschiedene mittlere Geschwindigkeiten vor, so müssen auch verschiedene Gefälle vorhanden sein und da die Wassermenge, die durch jedes Profil geht, für die fragliche Strecke als gleich vorausgesetzt wird, so sind auch die Profile verschieden, also ihre Breiten oder Tiefen, oder beide zugleich, und es ist eine ungleichförmige Bewegung des Wassers vorhanden. Die Sohle des Flusses kann dann *beliebig*, *parallel* dem Wasserspiegel, oder auch *aufwärts* oder *abwärts geneigt* sein. Man wird daher für etwaige Anwendung von Formeln, die sich auf eine gleichförmige Bewegung beziehen (z. B. von *Eytelwein* oder *Bazin*), nur eine gewisse Strecke, wo die Bewegung als *gleichförmig* angenommen werden kann, benutzen dürfen; im anderen Falle führt die Betrachtung der ungleichförmigen Bewegung zu sehr

complicirten Rechnungen, die auch nur angenäherte Resultate ergeben [1]). Sind indessen die Gefälle und die Querprofile für die fragliche Strecke nicht sehr verschieden, so wird man mit Mittelwerthen rechnen dürfen, um ein genügend genaues Resultat zu erhalten.

6) Ermittelung durch Messungen.

Hat man Gelegenheit, während der Vorarbeiten hohe oder die höchsten Wasserstände zu beobachten, so geschieht die Messung der Geschwindigkeiten an verschiedenen Stellen des Querprofils in bekannter Weise mit verschiedenen Hydrometern, von denen die gebräuchlichsten: Schwimmer, der Woltmann'sche Flügel und die Pitot'sche Röhre sind, und deren Gebrauch in den Werken über Wassermessen beschrieben wird [2]).

Hat man in jeder Perpendicularen in verschiedenen Höhen die Geschwindigkeiten gemessen, so kann man die mittlere jeder Abtheilung des Profils annähernd finden, wenn man jedes zugehörige Stück mit der betreffenden Geschwindigkeit multiplicirt und durch die ganze zu einer Perpendicularen gehörigen Fläche A dividirt, also (Fig. 11)

$$v_m = \frac{v a + v_1 a_1 + v_2 a_2 + \ldots v_n a_n}{a + a_1 + a_2 + \ldots a_n}$$

und die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Profils, wenn man die mittlere v_m in jeder Perpendicularen mit dem zur Perperdicularen gehörigen Querschnitt multiplicirt und die Summe durch die ganze Profilfläche dividirt, also

$$V_m = \frac{v_m A + v_{m_1} A_1 + v_{m_2} A_2 + \ldots v_{mn} A_n}{A + A_1 + A_2 + \ldots A_n}.$$

Hierbei können die Perpendicularen verschiedene Entfernungen haben (Fig. 11), oder was genauer sein wird, man theilt sie so ein, dass sie gleich entfernt liegen und ermittelt die Geschwindigkeit in gleichen Tiefen, so dass ein regelmässiges Netz über dem Querschnitte entsteht (Fig. 12) [3]).

Weniger genaue Resultate wird man selbstredend erhalten, wenn man nur die Geschwindigkeit an der Oberfläche in verschiedenen Perpendicularen misst und von dieser nach Formeln, die den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit an der Oberfläche und der mittleren, oder auch der kleinsten an der Sohle

---

[1]) Rühlmann, „Hydromechanik". — Weisbach, „Ingen.-Mechanik", Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen. — Gayffier, Nouveau Manuel des ponts et chaussées", 1859, II. Theil, S. 131, „ungleichförmige Bewegung".

[2]) Hagen, Rühlmann; Eytelwein, Mechanik; Bornemann, Hydrometrie etc.

[3]) Vergl. für Ausführlicheres Eytelwein's „Mechanik und Hydraulik", von Forster, 3. Aufl., S. 393, Rühlmann's „Hydromechanik", S. 274, Weisbach, „Ingenieur-Mechanik".

angeben, weiter schliesst, da diese Formeln unter sich erhebliche Abweichungen ergeben [1]).

Noch weniger genaue Resultate kann man erwarten, wenn man die grösste Geschwindigkeit in einem Querprofile ermittelt und von dieser (vergl. unten Bazin's Formel und Weisbach's Annahmen) auf die mittlere des ganzen Querprofils schliessen muss.

Nach neueren, im Grossen gemachten Versuchen ist die Geschwindigkeitsscala eine Parabel, deren Achse mit dem Wasserspiegel parallel und um eine gewisse Tiefe (etwa $^3/_{10}$ der ganzen Tiefe) unter demselben liegt. Dabei ist aber der Parameter der Parabel umgekehrt der Wurzel aus der mittleren Geschwindigkeit des Querschnittes proportional, also selbst veränderlich. In der Tiefe, wo die Achse der Parabel liegt, findet also die Maximalgeschwindigkeit statt, aber diese Tiefe ist wieder von der Wirkung des Windes abhängig. Bei ruhigem Wetter soll die Achse der Parabel ungefähr $^3/_{10}$ unter dem Wasserspiegel liegen, was auch die mittlere Geschwindigkeit sein möge.

Beobachtungen haben ergeben, dass der Wind, je nachdem er entweder stromauf oder stromab weht, im ersteren Falle die Achse der Parabel tiefer schiebt, im andern dieselbe mehr der Oberfläche nähert. Hiernach ist auch, da der Wind die mittlere Geschwindigkeit der Hochwasserwelle verzögert oder vermehrt, das Wasserquantum etwas verschieden, weshalb es auch aus diesem Grunde erwünscht ist, bei derartigen Messungen möglichst ruhiges Wetter zu haben. Für genauere Rechnungen verweisen wir auf die unten angegebene, ebenso ausführliche, wie interessante Quelle [2]) und nehmen für die Folge an, dass die grösste Geschwindigkeit an der Oberfläche stattfinde, um einfachere Formeln, welche die Uebersicht weniger erschweren, anzuwenden, da die aus

---

[1]) Vergl. Rühlmann, „Hydromechanik", S. 290, und über die Art, wie Wassermessungen überhaupt anzustellen, die in der vorigen Note angezogenen Werke; auch Hagen's „Wasserbau" und Bornemann's „Hydrometrie".

[2]) Nr. 4. Professional papers of the corps of topographical engineers. United states army. Report upon the Physics and Hydraulics of the Mississippi River, upon the protection of the alluvial region against overflow etc. prepared by Captain A. Humphreys and Lieut. H. L. Abbot, Philadelphia; J. B. Lippincott & Co., 1861, pag. 134 etc., worin sich auch eine sehr vollständige Literatur über Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen findet, ins Deutsche übersetzt von Grebenau. Vergl. auch Bericht desselben über die Humphrey-Abbotsche Theorie in Zeitschr. des österr. Ingen.-Vereins. XIX. 1867, pag. 118, sowie Bericht des Comités zur Beurtheilung der fraglichen Theorie daselbst, pag. 169. Auszug aus dem Werke von Grebenau in Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins. XIV. 1868. pag. 306 — 315, von Treuding.

Für neue Formeln über Bewegung des Wassers und Kritik der vorhandenen vergleiche:

Hagen, über die Bewegung des Wassers in Strömen, aus den Abhandlungen

den unten genannten amerikanischen Versuchen resultirenden Formeln zusammengesetzter sind und ein Eingehen auf die Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen erfordern würden, was hier zu weit führen würde.

7) Ableitung der mittleren Geschwindigkeit aus der bei einem hohen Wasserstande beobachteten grössten und Reduction derselben auf den höchsten Wasserstand.

Hat man die Messungen bei einem Wasserstande gemacht, welcher niedriger als der höchstbekannte ist, so muss man noch auf die Wassermenge bei diesem letzten Wasserstande schliessen. Dies kann mit Hülfe einer der zu dem Ende zusammengestellten, empirischen Formeln insofern nur annähernd geschehen, als diese Formeln sich meistens auf sehr regelmässige und gleich grosse, auf einander folgende Profile beziehen, welche Voraussetzung bei natürlichen Wasserläufen stets nur annähernd zutrifft. Theils sind auch die Coefficienten dieser Formeln aus Versuchen in nur kleinem Maassstabe hergeleitet.

Die Eytelwein'sche Formel

$$v^2 = k^2 \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{a}{p},$$

worin v die mittlere Geschwindigkeit, $\frac{h}{l}$ das relative Gefälle, a den Querschnitt eines Querprofils, p den benetzten Perimeter, k einen Zahlencoefficienten bezeichnen, ist bekannt genug. Im Folgenden geben wir einige Notizen über eine Formel von Bazin von der Form

$$v^2 = \left(\frac{1}{\alpha + \beta\left(\frac{p}{a}\right)}\right) \frac{h}{l} \cdot \frac{a}{p},$$

welche den Coefficienten nach Maassgabe der mittleren Tiefe $\frac{a}{p}$ als veränderlich darstellt.

---

der königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1868. Auszug in Wieck's Gewerbe-Zeitung. 1869. Nr. 11, pag. 83, für Meter

$$v = 2{,}425 \sqrt{\frac{a}{p}} \cdot \sqrt[6]{\frac{h}{l}}.$$

Die Gauchler'sche Theorie der Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen, von Bornemann. Ausführliche Angaben über die bestehenden Formeln und Kritik. Civil Ingen. 1869. XV. pag. 13 — 51, mit graphischen Darstellungen.

Vergleich zur Aufstellung einer neuen allgemeinen Formel für die gleichförmige Bewegung des Wassers in Canälen und Flüssen etc., von Ganguillet und Kutter. Zeitschr. des österr. Ingen.-Vereins. 1869. XXI. pag. 6 — 24, 46 — 59 u. f. Auszug in Dingler's polyt. Journal. 1869. CXCII. pag. 13 — 17.

8) Bazin's Formel für gleichförmige Bewegung des Wassers in Canälen[1]).

Zur Vergleichung mit der bekannten Eytelwein'schen Formel führen wir noch die von Bazin nach seinen Versuchen aufgestellte an. Nach ihm ist zu setzen:

$$\frac{RI}{U^2} = \alpha + \frac{\beta}{R},$$

wenn bezeichnen:

R den sogenannten mittleren Radius, welchen man findet, wenn man den Querschnitt des Profils durch den benetzten Perimeter dividirt, also unter bekannten Bezeichnungen $R = \frac{a}{p}$, I das Gefälle pro Längeneinheit $= \frac{h}{l}$, welches für die in Frage kommende Strecke als constant angesehen wird, und U die mittlere Geschwindigkeit im Querprofil, α und β aus den Versuchen zu bestimmende Coefficienten.

Die Form des Profils der Canäle, in welchen Bazin operirte (rechtwinklige, trapezförmige, dreieckige und kreisförmige), scheint auf die Coefficienten keinen grossen Einfluss gehabt zu haben, wohl aber die Beschaffenheit der Sohle und der Wände, ob diese nämlich mehr oder weniger glatt sind etc.

Bazin stellt aus seinen Versuchen folgende 4 Formeln zusammen, indem er 4 verschiedene Classen von Canälen, wie sie in der Praxis etwa vorkommen können, annimmt, worin die Coefficienten für Metermaass gelten.

1) Sehr ebene Wände, glatt geputzter Cement, sorgfältig gehobelte Holzeinfassung:

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00015 + \frac{0{,}0000045}{R} = 0{,}00015\left(1 + \frac{0{,}03}{R}\right).$$

2) Ebene Wände (behauene Steine, Backsteine, Bohlenwände, Putz von Cement mit Sand gemischt):

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00019 + \frac{0{,}0000133}{R} = 0{,}00019\left(1 + \frac{0{,}07}{R}\right).$$

3) Wenig ebene Wände von Bruchsteinmauerwerk:

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00024 + \frac{0{,}00006}{R} = 0{,}00024\left(1 + \frac{0{,}25}{R}\right).$$

4) Erdwände:

$$\frac{RI}{U^2} = 0{,}00028 + \frac{0{,}00035}{R} = 0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{R}\right),$$

welche letztere Formel auch für die Bewegung des Wassers in Flüssen brauch-

---

[1]) Comptes rendus de l'académie des sciences, 1863, S. 192 und 255, Bd. 57. Rapport sur un mémoire présenté par M. Bazin sur le mouvement de l'eau dans les canaux découverts; auch in Darcy et Bazin: Recherches hydrauliques. Paris. Dunod.

barer sein soll, als die sonst wohl benutzten Formeln von Prony und Eytelwein. Sofern sich indessen an dem benetzten Perimeter Erschwernisse der Bewegung, Wasserpflanzen, Gebüsch, Gerölle etc. finden, kann die Bewegung erheblich verzögert werden, so dass dann eine Correction der Coefficienten nicht entbehrt werden kann.

Aus dieser letzten Formel erhält man die mittlere Geschwindigkeit im Querprofil:

$$U = \sqrt{\frac{R\,I}{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{R}\right)}} = \sqrt{\frac{\frac{a\,h}{p\,l}}{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{R}\right)}}.$$

Diese Formel unterscheidet sich also von der Eytelwein'schen dadurch, dass der Zahlencoefficient vor dem Wurzelzeichen mit der Tiefe veränderlich ist. Man erhält nämlich:

für R = 1/3, 2/3, 1, 4/3, 5/3, 2, 7/3, 8/3, 3 Meter,
k = 27,11, 35,32, 39,86, 43,05, 45,20, 46,92, 48,28, 49,32, 50,40,

wenn man $U = k\sqrt{\frac{a}{p} \cdot \frac{h}{l}}$ schreibt;

oder für hannoversches Fussmaass, wo die Formel wird:

$$U = \sqrt{\frac{\frac{a\,h}{p\,l}}{0{,}000082\left(1 + \frac{4{,}275}{R_1}\right)}} = k_1\sqrt{\frac{a}{p} \cdot \frac{h}{l}},$$

wird für R_1 = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 Fuss,
k_1 = 48,10, 62,78, 70,92, 76,80, 81,10, 84,39, 87,35, 89,15, 90,93 92,42.

Was den Zusammenhang zwischen der mittleren Geschwindigkeit und der grössten im ganzen Querprofil anbetrifft, so ist bekannt, dass die letztere in einem gewissen Abstande unter der Oberfläche sich befindet, welcher Abstand um so grösser sein soll, je grösser die Tiefe eines Wasserlaufes, verglichen mit seiner Breite, ist. Bei solchen Rechnungen also, wo man die grösste Geschwindigkeit in einem Querprofil z. B. durch Schwimmer ermittelt, um davon auf die mittlere zu schliessen, würde man durch Versuche die Eintauchungstiefe der Schwimmer, bei welcher sie sich am schnellsten bewegen, finden müssen. Bei den vorliegenden Experimenten haben nur geringe Tiefen zur Disposition gestanden, so dass die grösste Geschwindigkeit nahe der Oberfläche gewesen ist. Nennt man die grösste Geschwindigkeit V, so setzt Bazin:

$$\frac{V}{U} = 1 + k\sqrt{\frac{R\,I}{U^2}}$$

und findet aus seinen Versuchen, dass der Coefficient

$$k = \frac{\frac{V}{U} - 1}{\sqrt{\frac{RI}{U^2}}} = 14$$

gesetzt werden könne, für alle Fälle, wo $\frac{RI}{U^2}$ nicht grösser als 0,001 ist, was meistens der Fall sein wird.

Hiernach ist also

$$\frac{V}{U} = 1 + 14\sqrt{\frac{RI}{U^2}},$$

oder auch, wenn man die mittlere Geschwindigkeit aus der grössten bestimmen will,

$$U = V - 14\sqrt{RI} = V - 14\sqrt{\frac{a}{p} \cdot \frac{h}{l}}$$

und wenn man $R = t$ setzt bei Wasserläufen, deren Breite zur Tiefe gross ist, so dass $p = b$ gesetzt werden kann und $a = bt$ ist, wo t also die mittlere Tiefe bedeutet

$$U = V - 14\sqrt{t \cdot \frac{h}{l}}.$$

Für hannoversches Fussmaass wird

$$U = V - 26\sqrt{RI} \quad \text{und}$$

$$U = V - 26\sqrt{t\frac{h}{l}}.$$

Aus

$$\frac{V}{U} = 1 + 14\sqrt{\frac{RI}{U^2}}$$

hat man auch noch $\frac{V}{U} = 1 + 14\sqrt{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right)}$ für Metermaass

und $\frac{V}{U} = 1 + 26\sqrt{0{,}0000082\left(1 + \frac{4{,}275}{t}\right)}$ für hann. Fussmaass.

Hat man also die grösste Geschwindigkeit V in einem Profil des Stromstriches in einer gewissen Tiefe unter der Oberfläche ermittelt, so kann man diese Formel benutzen, um daraus die mittlere U zu finden, welche, mit dem Querschnitt des Profils multiplicirt, die Wassermenge ergiebt.

Die Versuche Bazin's über die Abnahme der Geschwindigkeit in einer und derselben Verticalen nach der Sohle zu, sind bei so geringen Tiefen angestellt, dass sie für unsere Zwecke nicht brauchbar erscheinen.

9) Annähernde Berechnungen.

Benutzt man nun Bazin's Formel für hannoversches Maass:

$$v^2 = \frac{ah}{pl} \cdot \frac{1}{0{,}0000082\left(1 + \frac{4{,}275}{t}\right)},$$

so hat man für eine andere Geschwindigkeit bei höherem Wasser, wo sich die

Dimensionen des Profils und das Gefälle ändern, wenn man solche mit dem Index bezeichnet und reducirt:

$$v_1^2 = \frac{p a_1}{p_1 a} \cdot \frac{0{,}000082\left(1 + \frac{4{,}275}{t}\right)}{0{,}000082\left(1 + \frac{4{,}275}{t_1}\right)} \cdot \frac{h_1 l}{h l_1} \cdot v^2,$$

oder für Metermaass:

$$v_1^2 = \frac{p a_1}{p_1 a} \cdot \frac{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{t}\right)}{0{,}00028\left(1 + \frac{1{,}25}{t_1}\right)} \cdot \frac{h_1 l}{h l_1} \cdot v^2.$$

Beim Gebrauch dieser Formel kann man die bei dem höheren Wasser vorhandenen Querschnitte und Perimeter aus den Profilen messen, das veränderte Gefälle bei Hochwasser $\frac{h_1}{l_1}$ muss aber aus Beobachtungen bei dem höchsten Wasser bekannt sein. Ist dies nicht der Fall, so wird man sich mit einer Annäherung begnügen und $\frac{h_1}{l_1} = \frac{h}{l}$ setzen müssen, wobei also der letzte Factor rechts $= 1$ wird.

Zur Controle kann man sich auch noch der Eytelwein'schen Formel bedienen [1]), welche ebenfalls die mittlere Geschwindigkeit angiebt:

$$v^2 = k_1^2 \cdot \frac{h}{l} \cdot \frac{a}{p},$$

wobei man genauer verfährt, wenn man den Coefficienten k aus der Prony-schen Formel:

$$\frac{a h}{p l} = A v + B v^2 \text{ berechnet.}$$

Es ist dann, weil

$$k^2 = \frac{v^2}{\frac{a h}{p l}}, \text{ auch } k^2 = \frac{v^2}{A v + B v^2},$$

$$k^2 = \frac{1}{\frac{A}{v} + B},$$

und man erhält für die Eytelwein'sche Formel:

$$v^2 = \frac{1}{\frac{A}{v} + B} \cdot \frac{h a}{l p},$$

oder

$$v^3 = \frac{v}{A + B v} \cdot \frac{h a}{l p},$$

1) Vergl. Rühlmann's „Hydromechanik". S. 304.

mithin $$\frac{v^3}{v_1^3} = \frac{\frac{v}{A + Bv} \cdot \frac{ha}{lp}}{\frac{v_1}{A + Bv_1} \cdot \frac{h_1 a_1}{l_1 p_1}} = \frac{(A + Bv_1)v}{(A + Bv)v_1} \cdot \frac{h a l_1 p_1}{h_1 a_1 l p},$$

also $$v_1^3 = \frac{v^3 (A + Bv)v_1 \cdot h_1 a_1 l p}{(A + Bv_1)v \cdot h a l_1 p_1}.$$

Man kann nun annähernd anfänglich rechts $v = v_1$ setzen und, nachdem man einen Werth von v_1 gefunden, denselben rechts substituiren und dies Verfahren beliebig oft fortsetzen, um die gewünschte Genauigkeit zu erhalten. Die oben benutzten Prony'schen Coefficienten sind für Metermaass:

$$A = 0{,}0000445, \quad B = 0{,}00030931,$$

und für hannoversche Fusse:

$$A = 0{,}0000445, \quad B = 0{,}00000336.$$

Hinsichtlich des bei höherem Wasser veränderten Gefälle gilt das oben Gesagte. Auf eine grosse Uebereinstimmung der Resultate dieser Formeln wird man indessen kaum rechnen dürfen.

Ungenauer würde man verfahren, wenn man in der Eytelwein'schen Formel:

$$v = k\sqrt{\frac{h}{l} \cdot \frac{a}{p}},$$

worin $k = 90{,}9$ für preussische Fuss,
$94{,}2$ „ hannoversche „
$50{,}9$ „ Meter

die Abhängigkeit dieses Coefficienten von der Geschwindigkeit oder der Tiefe vernachlässigt und ausserdem das Gefälle als gleichbleibend bei verändertem Wasserstande ansieht. Man hätte dann:

$$v : v_1 = \sqrt{\frac{a}{p}} : \sqrt{\frac{a_1}{p_1}},$$

und wenn man bei einem Profil, dessen Breite, verglichen mit der Tiefe, gross ist, $p = b$ setzt, weil $a = bt$, so erhält man:

$$v : v_1 = \sqrt{t} : \sqrt{t_1},$$

den bekannten Satz, dass sich die mittleren Geschwindigkeiten bei verschiedenen Wasserständen wie die Wurzeln aus den Tiefen verhalten, wobei man bei einem unregelmässig geformten Profile mittlere Tiefen wird einführen müssen und, wie im Folgenden bemerkt, das Profil, wenn die Tiefen sehr verschieden sind, in mehrere Theile zerlegen muss, von denen man jeden für sich behandelt.

Nach der Formel von Bazin würde man unter denselben Voraussetzungen erhalten für Metermaass:

$$v : v_1 = t\sqrt{\frac{1}{0{,}00025\,(1{,}25 + t)}} : t_1\sqrt{\frac{1}{0{,}00025\,(1{,}25 + t_1)}}.$$

Handelte es sich bei der Anwendung der Formeln von Eytelwein oder Bazin um ein Thal, welches einen tieferen Flussschlauch hat, und in welchem zu einer oder beiden Seiten das Hochwasser auf den überschwemmten Ufern fliesst (Fig. 13), so darf man nicht, ohne grosse Ungenauigkeiten zu begehen oder auch auf Ungereimtheiten zu stossen[1]), die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Profils ermitteln, sondern man muss dasselbe in 2 oder 3, oder den Umständen nach, mehrere Theile theilen und das Wasserquantum eines jeden Theiles für sich ermitteln.

10) Geeignete Stellen zur Ermittelung der Wassermenge.

Am genauesten und bequemsten ermittelt man die Wassermengen an Stellen, wo der Fluss zwischen hohen Ufern eingeschlossen ist oder ein Defilé zeigt, z. B. für die Leinebrücke bei Herrenhausen haben das Defilé der Leine bei Neustadt und das bei Hannover (Brücke über die Ihme in Linden und Leine-Brücke beim Clever-Thore) gedient, dabei kann man aber, wenn zwischen der beobachteten Stelle und der Brückenbaustelle Nebengewässer in den Fluss sich ergiessen, deren Hochwassermenge nicht immer ohne Weiteres hinzuzählen, weil das Hochwasser dieser kleineren Gewässer selten gleichzeitig mit dem Hochwasser des Flusses, meistens wohl früher erfolgt.

Wie man bei vorhandenen Brücken, Wehren u. s. w. mit Berücksichtigung der Geschwindigkeit des ankommenden Wassers und der Stauhöhe die Wassermenge ermittelt, darüber finden sich in den meisten Lehrbüchern der Hydraulik die erforderlichen Angaben[2]). Dabei muss man untersuchen, ob bei Hochwasser auch das gesammte Quantum durch die Brücke fliesst, und ob nicht etwa vorhandene Mulden- oder Fluthbrücken dann ein Quantum Wasser abführen, welches dem durch die Brücke fliessenden hinzuzurechnen ist.

11) Ungefähre Ermittelung der Wassermenge durch Berechnung, wenn nur das Gefälle und das Querprofil bekannt sind.

War man nicht in der Lage, Geschwindigkeitsmessungen anzustellen, sondern sind nur das Querprofil und aus der durch das Nivellement bekannten Höhe einiger sorgfältig erkundigten Hochwassermarken, deren gegenseitige Entfernung ebenfalls gemessen ist, ein mittleres Gefälle für die fragliche Strecke bekannt, so kann man, wie im Vorigen bereits vorgekommen, die Wassermenge mittelst der Formeln von Eytelwein oder Bazin annähernd berechnen.

Theilt man das Profil, je nachdem es Verschiedenheiten zeigt, in eine

---

[1]) Vergl. Hagen's „Wasserbau". Bewegung des Wassers in Strömen, das Capitel: gleichförmige Bewegung. Auch Rühlmann's „Hydromechanik", S. 306.

[2]) Vergl. die oft citirten Werke von Eytelwein, Weisbach, Bornemann, Rühlmann u. s. w.

gewisse Anzahl z. B. n Theile und ist der Querschnitt eines jeden a, so ist also die Wassermenge, welche durch diesen Querschnitt fliesst (Fig. 13):

$$Q = a v = a \sqrt{\frac{a h}{p l} \cdot \frac{1}{0{,}000082 \left(1 + \frac{4{,}275}{R}\right)}},$$

wobei $R = \frac{a}{p}$ ist, und die gesammte Wassermenge ist dann:

$$= Q + Q_1 + \ldots\ldots Q_n.$$

Setzt man, wenn die Tiefen nicht gross, indem man in jedem Stücke des Profils eine mittlere Tiefe einführt:

$a = b t$ und $p = b$, so hat man auch

$$Q = b t \sqrt{\frac{t^2 h}{l} \cdot \frac{1}{0{,}000082\,(t + 4{,}275)}},$$

$$Q = \sqrt{\frac{h}{l}} \cdot b t^2 \sqrt{\frac{1}{0{,}000082\,(t + 4{,}275)}},$$

und ebenso die Wassermenge der übrigen Querschnitte, indem man die entsprechenden Werthe für b und t einführt.

Bei der Eytelwein'schen Formel verfährt man in gleicher Weise.

Unter den zuletzt gemachten Voraussetzungen hätte man

$$Q = a v = a k \sqrt{\frac{a}{p} \cdot \frac{h}{l}},$$

$$Q = k \sqrt{\frac{h}{l} \cdot \frac{b t}{b}} \cdot b t,$$

$$Q = k \sqrt{\frac{h}{l}} \cdot b t^{3/2},$$

wobei man, je nach der ungefähr bekannten Geschwindigkeit, einen dazu gehörigen Werth des Coefficienten k wird setzen müssen, oder erst die Geschwindigkeit mittelst Hülfe des Coefficienten (50,9 für Meter, 90,9 für preussische Fuss etc.) berechnen kann und dann k nach der gefundenen Geschwindigkeit ermittelt und von Neuem in die Formel setzt, und durch Wiederholung dieses Verfahrens bei Bestimmung der Geschwindigkeit jede Genauigkeit erreichen kann, welche die Formel zu gewähren im Stande ist.

Uebrigens gilt die Bazin'sche Formel mit den angegebenen Coefficienten für Canäle mit Erdwänden und es ist von erheblichem Einflusse, ob die Ufer des Flusses bewachsen, die bei Hochwasser überströmten Theile mit Grasnarbe, Gerölle oder sonstigen, die Geschwindigkeit verzögernden Hindernissen und Unebenheiten versehen sind. Es bleibt, sofern man durch Versuche für das Local die Coefficienten nicht hat bestimmen können, dann nichts Anderes übrig, als

die Geschwindigkeit durch Schätzung um eine gewisse Procentzahl zu verringern, wie es z. B. in dem am Ende berechneten Beispiele auch geschehen ist.

Von mehreren näher liegenden Profilen wird man die Mittelwerthe für a und p nehmen und zu ermitteln suchen, ob das relative Gefälle im Stromstrich, wo man die grösste Geschwindigkeit ermittelt, von dem auf den überschwemmten Ufern des Thales vielleicht etwas abweicht. (Siehe Beispiel am Ende.)

12) Empirische Methoden zu oberflächlichen Schätzungen.

Schätzung der Wassermenge nach dem Niederschlagsgebiete.

Hat man durch eine der vorhin beschriebenen Methoden die Wassermenge ermittelt, so kann es immerhin noch von Interesse sein, die Resultate mit sonst noch bekannten Angaben zu vergleichen. Es liegen zuweilen Ermittelungen vor, wie viel Wasser an bestimmten Stellen die Flüsse pro Quadrateinheit, z. B. pro Quadratmeile des Niederschlagsgebietes abführen. Lahmeyer[1]) hat z. B. über die Consumtionsverhältnisse der Weser, Elbe und Ems und deren Nebenflüsse bei den niedrigen und höchsten Wasserständen Versuche gemacht und findet, dass pro Secunde auf die Quadratmeile kommen für den niedrigsten Wasserstand:

a. nahe den Quellen in gebirgigen Gegenden $5^1/_2$ bis 6 Cubikfuss hannov.;
b. in bergigen und hügeligen Gegenden $4^1/_2$ Cubikfuss hannov.;
c. im flachen Lande 4 Cubikfuss hannov.

Durchzieht der Fluss, wie z. B. die Ems und Sude, meistens sandiges Terrain, so vermindert sich die Wassermenge in bergigen und hügeligen Gegenden auf 3 Cubikfuss und in Ebenen auf $2^1/_2$ Cubikfuss pro Secunde.

Für den höchsten Wasserstand findet derselbe bei den genannten Gewässern pro Secunde und auf die Quadratmeile als Mittel aus den ausgeführten Tabellen[2]):

a. nahe den Quellen in gebirgigen Gegenden........ 600 — 700 Cubikfuss,
b. in bergigen Gegenden........................ 450 — 550 „
c. im hügeligen Lande.......................... 350 — 400 „
d. im flachen Lande............................ 250 — 300 „

Dabei wird in manchen Fällen zu berücksichtigen sein, ob durch Meliorationen des Terrains die Wassermenge sich nicht verändern könne. Die Aller führt z. B. bei Verden zwar nur 218 Cubikfuss pro Secunde ab, aber sie durchzieht vorzugsweise flaches, uncultivirtes, mooriges Terrain, welches erst dann,

---

1) Lahmeyer in der Zeitschrift des hannov. Architecten- und Ingenieur-Vereins, Band V, 1859, S. 229; vergl. auch Hagen's „Wasserbau", worin sich ähnliche Angaben über andere Flüsse finden.

2) Aus solchen Annahmen ist auch die empirische Regel entstanden, pro Quadratmeile Niederschlagsgebiet etwa 100 □Fuss Querschnitt der Durchflussöffnung einer Brücke zu rechnen.

wenn das Hochwasser der Leine (welche in die Aller fliesst) bereits grösstentheils zum Abflusse gelangt ist, die Niederschläge liefert. Werden die Moorflächen erst alle in Cultur gesetzt und mit Gräben durchschnitten, so wird es sich herausstellen, ob das Wasser mehr mit dem Hochwasser der Leine zugleich abfliessen und die Aller nicht etwa 250 — 300 Cubikfuss pro Quadratmeile in der Secunde abführen wird. Mit Sicherheit lassen sich die dann eintretenden Verhältnisse desshalb nicht angeben, weil cultivirte Moorflächen in diesem verbesserten Zustande auch mehr Niederschlag als sonst aufnehmen können.

Empirische Methode von Blohm.

Zur annähernden Bestimmung der Wassermenge, welche kleinere Nebenflüsse bei ihren stärksten Ergiessungen enthalten, soll man die mittlere Wassermenge in den Wintermonaten benutzen können, nach folgender von Blohm aufgestellten Betrachtung:

Die stärksten Ergiessungen pflegen dann einzutreten:

1) wenn während eines ununterbrochen fortdauernden Frostes eine erhebliche Menge Schnee herabgefallen ist;

2) wenn dieser nicht vom Winde zusammengehäuft wird, sondern ziemlich gleichmässig über dem Boden verbreitet ist und also für ein rasches und gleichzeitiges Schmelzen desselben die vortheilhaftesten Bedingungen vorhanden sind;

3) wenn der Erdboden vor dem Fallen des Schnees mit Feuchtigkeit übersättigt gefror, weil das Schneewasser beim Aufthauen dann nicht in den Boden einsinken kann, sondern den Gräben und Bächen unverkürzt und ungehindert zugeführt wird;

4) wenn das Thauwetter plötzlich eintritt und von warmem Regen begleitet ist, weil die Schneemassen dann in der kürzesten Zeit abgeführt werden.

Nach den Untersuchungen französischer Ingenieure, die von Arago veröffentlicht worden sind, führen die Flüsse nicht mehr als etwa $^1/_3$ des gefallenen Niederschlages, $^2/_3$ werden vom Boden verschluckt, von den Pflanzen verzehrt und von der Luft verdunstet.

Im Winter ist aber nach plötzlich eintretendem Thauwetter die Verdunstung fast gleich Null, die Pflanzen befinden sich im Zustande der Erstarrung, und der hartgefrorene, mit einer Eisdecke überzogene Boden vermag nur sehr wenig oder gar kein Wasser einzuschlucken. Der schmelzende Schnee müsste nach dieser Voraussetzung also ohne Abzug in die Nebenflüsse gelangen. Weil aber viele Gräben und Niederungen ausgefüllt werden und ein Theil des Wassers in den Unebenheiten des Bodens stehen bleibt, so darf man annehmen, dass $^1/_3$ des Niederschlages (welches die Flüsse nachher speist) gleich anfangs nicht zum Abflusse gelangt, dass aber die übrigen $^2/_3$ während der Dauer einer Anschwellung in den Recipienten geführt werden. Heisst diese Wassermenge M und die in den anzunehmenden Wintermonaten abfliessende m, bezeichnet man

ferner die Dauer einer ununterbrochenen Frostzeit mit D und die aus Beobachtungen und der Erfahrung bekannte Dauer einer Anschwellung mit T, so ist nach den vorhergegangenen Erläuterungen:

$$M = \frac{2\,D\,m}{T},$$

denn das Doppelte des gewöhnlichen, während der langen Frostzeit stattfindenden Abflusses, muss in den wenigen Tagen einer Anschwellung vorübergeführt werden.

Als Beispiel führt Blohm an, dass die mittlere Wassermenge der Seeve (in der Nähe von Harburg) in den Wintermonaten = 145 Cubikfuss pro Secunde ist. Er setzt die Dauer einer ununterbrochenen Frostzeit in diesem Falle = 60 Tagen und die beobachtete Zeit einer starken Anschwellung der Seeve zu 4 Tagen. Dann ist also:

$$M = \frac{2\,.\,60\,.\,145}{4} = 4350 \text{ Cubikfuss pro Secunde.}$$

Dies Verfahren ist nicht frei von begründeter Kritik, denn abgesehen davon, dass aus dem Obigen nicht folgt, dass die im Winter abfliessende mittlere Wassermenge $1/3$ des ganzen, während der Zeit sich ansammelnden Niederschlags ist, und dass sie z. B. viel von Speisung durch Quellen abhängen kann, fliesst die aufgethaute Wassermenge vom Beginn des Abflusses nicht gleichmässig ab, denn der Niederschlag schmilzt nicht plötzlich, sondern es findet ein Maximum des Zuflusses in den Recipienten statt, wenn das Wasser von den am meisten entfernten Stellen des Niederschlagsgebietes sich mit dem in der Nähe des Recipienten befindlichen, vielleicht noch nicht ganz geschmolzenen vereinigt hat. Dauert z. B. das vollständige Wegschmelzen gleichmässig während $\frac{T}{2}$ und kommen gerade am Ende dieser Zeit die am weitesten entfernten Wasserelemente zum Abfluss, so kann die Maximalwassermenge in diesem Zeitpunkte bis zu 2 M angewachsen sein [1]).

Endlich würden, um die ganze Wassermenge zu erhalten, zu den 4350 Cubikfuss noch die regelmässig während des Winters abfliessenden 145 Cubikfuss hinzuzufügen sein.

Schätzung aus Vergleichung der Niederschlagsgebiete.

Wir wollen hier noch eine andere Methode zur Schätzung der Hochwassermenge eines Flusses aus der Vergleichung seiner Niederschlagsgebiete erwähnen, welche indessen ebenfalls ungenau ist, da bei Flüssen, welche erhebliche Nebengewässer haben, die Zunahme der Wassermenge nicht immer als proportional der

[1]) Vergl. Nr. IX. pag. 420: „Ueber einige empirische Verfahrungsarten, die Durchflussweite von kleineren Brücken aus der Grösse des Niederschlagsgebietes zu bestimmen.

Zunahme des Niederschlagsgebietes bis zu einer bestimmten Stelle angesehen werden kann; auch ist die Grösse des Niederschlags im obern und untern Flusslaufe verschieden, ebenso die Beschaffenheit des Bodens, daher die Absorption desselben, und die Zuflüsse erfolgen nicht gleichzeitig, da die Hochwasser der Nebengewässer mehr oder weniger mit dem des Flusses zusammenfallen.

Betrachtet man die Wassermenge M als irgend eine Function der Grösse des Niederschlagsgebietes, so kann man z. B. setzen:

$$M = Ax + Bx^2,$$

worin A und B Coefficienten, welche z. B. mit Hülfe der Methode der kleinsten Quadrate oder auf andere Weise aus einer Anzahl Beobachtungen bestimmt werden können [1]).

Für die Leine hat man z. B. die Hochwassermenge bei Salzderhelden 18200 Cubikfuss und das Niederschlagsgebiet von der Quelle bis dahin 43,06 Quadratmeilen. Die Wassermenge bei Herrenhausen ist etwa 40000 Cubikfuss und das Niederschlagsgebiet bis dahin 99,21 Quadratmeilen.

Man will nun die Wassermenge der Leine bei Gross-Freden finden, bis wohin das Gebiet 56,10 Quadratmeilen beträgt. Man sagt also:

$$18200 = 43{,}06\,A + 43{,}06^2\,B,$$
$$40000 = 99{,}20\,A + 99{,}20^2\,B.$$

Die Auflösung dieser beiden Gleichungen ergiebt:

$$A = 437{,}59, \quad B = -0{,}3463$$

und man erhält für die Leine bei Gross-Freden:

$$M = 56{,}1\ A + 56{,}1^2\ B \text{ substituirt}$$
$$M = 56{,}1\,.\,437{,}59 - 56{,}1^2\,.\,0{,}3463$$
$$M = 23459 \text{ Cubikfuss pro Secunde},$$

während andere etwas genauere Ermittelungen 21620 Cubikfuss ergeben haben sollen, und in dem Beispiele zur Bestimmung einer Brückenweite am Schluss 23194 Cubikfuss berechnet sind. Diese grosse Uebereinstimmung ist indessen als eine zufällige zu betrachten.

c. Einfluss der Brückenanlage auf den Wasserlauf.

13) Schätzung des Staues bei Brücken.

Wird nun über einen Fluss, welcher von steilen hohen Ufern eingeschlossen ist, eine Brücke erbaut, welche mehrere Oeffnungen und daher Pfeiler erhält, so wird, da man bis zur Brückenbaustelle in diesem Falle eine allmälige Erweiterung der Ufer, welche gleich der Dicke sämmtlicher Pfeiler ist, selten eintreten lassen kann, das Wasser bei seinem Durchgange durch die Brücke

[1]) Weisbach, „der Ingenieur", 3. Auflage, S. 77.

einen kleineren Querschnitt finden und daher unter der Brücke selbst eine grössere Geschwindigkeit als oberhalb und unterhalb haben müssen. Es entsteht, um diese Vermehrung der Geschwindigkeit herbeizuführen, daher oberhalb der Brücke ein Stau, welcher bei einem regelmässigen Profil, wo die mittleren Geschwindigkeiten der einzelnen Perpendiculären nahezu dieselben sind, mit ziemlicher Annäherung berechnet werden kann. Ist z. B. v die grösste Geschwindigkeit innerhalb der Brücke und v_0 die kleinste an der Stelle, wo dicht vor der Brücke der Stau am höchsten, so ist genau genug, wenn x die Stauhöhe:

$$x = \frac{v^2}{2g} - \frac{v_0^2}{2g}\ ^{1)}.$$

Man wird aber, wenn man die Weite der Brücke bestimmt, zu beobachten haben, dass wegen der stattfindenden Contraction nicht die ganze Lichtweite, sondern dieselbe mit einem Ausflusscoefficienten μ multiplicirt in Rechnung zu bringen ist. Ohne Zweifel wird dieser Coefficient um so kleiner, je grösser die Weite der Oeffnung ist und wird bei vorne und hinten abgerundeter Form der Pfeiler bei grösseren Oeffnungen sehr nahe = 1 gesetzt werden können.

Bis auf genauere Angaben wird man sich begnügen können, denselben mit Navier anzunehmen zu:

$$\mu = 0{,}95,$$

wenn die Vorköpfe der Pfeiler halbkreisförmig oder spitzwinklig sind;

$$\mu = 0{,}90,$$

wenn die Vorköpfe stumpfwinklig;

$$\mu = 0{,}85,$$

wenn die Pfeiler dem Strome eine gerade Fläche entgegenstellen, und

$$\mu = 0{,}7$$

für Pfeiler, die nahe aneinander stehen und dem Wasserstosse eine gerade Fläche bieten[2]).

In den meisten Fällen wird man mit $\mu = 0{,}9$ ausreichen.

Sind a und a_0 die Querschnitte der betreffenden Profile und ist μ der Ausflusscoefficient zwischen den Brückenpfeilern, so kann man, wenn noch Q die Wassermenge bedeutet, weil

$$v = \frac{Q}{\mu a};\ v_0 = \frac{Q}{a_0},$$

also schreiben:

$$x = \frac{Q^2}{2g}\left(\frac{1}{\mu^2 a^2} - \frac{1}{a_0^2}\right).$$

---

[1]) Rühlmann's „Hydromechanik", S. 362.

[2]) Vergl. Rühlmann, „Hydromechanik", S. 361. — Schubert, „Theorie der Construction steinerner Bogenbrücken", 1847, S. 373. — Eytelwein's „Mechanik", 3. Auflage, S. 101.

Da a_0 mit durch x bestimmt wird, so kann man durch mehrmalige Rechnungen x beliebig genau bestimmen, indem man es anfänglich bei der Bestimmung von a_0 vernachlässigt und das ungestaute ganze Profil mit dem durch die Pfeiler verengten vergleicht, und dann das berechnete x bei wiederholter Rechnung in dem Werthe von a_0 berücksichtigt.

In einem solchen Falle wird also die Bestimmung der Weite der Brücke am einfachsten, da sie eine Lichtweite bekommen muss, welche möglichst gleich der zwischen den Ufern ist, also je weniger Pfeiler man macht, um so geringer wird der Stau sein[1]. Ueber die Höhenlage des Kämpfers oder der Unterkante der Brücke ist schon das Erforderliche bemerkt.

Ueberschreitet dagegen die Brücke ein breites Thal, in welchem der Fluss, wenn er über seine Ufer tritt, ein normal gegen den Strom gemessen, sehr breites, aber niedriges Ueberschwemmungsprofil bildet, wie dies meistens der Fall ist, so würde eine Brücke von einer Länge gleich der Breite dieses Profils (d. h nur dasjenige Profil gerechnet, worin überhaupt noch das Wasser fliesst und sich nicht bloss ausspiegelt) zu grosse Kosten verursachen. Man wird dann also eine erheblich kürzere Brücke anlegen und an diese die Erddämme der Bahn oder der Chaussee anschliessen lassen. Um keinen unzulässigen Stau herbeizuführen, wird man dann, wie bereits im Eingange bemerkt, das Profil unter der Brücke durch Abgrabung erweitern und diese Abgrabung auf eine gewisse Länge (z. B. bis zu 10 Ruthen oberhalb und unterhalb) sich erstrecken und allmählich der Breite und Tiefe nach sich verlaufen lassen. Indessen darf man mit der Abgrabung nicht zu tief gehen, da bei mittlerem oder gewöhnlichem Wasserstande das so verbreiterte Profil eine Neigung zum Verflachen oder Verschlammen zeigen könnte, weil die Geschwindigkeit dann geringer ist als früher, und der etwa stattfindenden Schifffahrt Nachtheile erwachsen könnten. In der Regel wird man mit der Abgrabung 1 bis 2 Fuss über dem Sommerwasserstande bleiben.

Im Uebrigen können aber auch Fälle vorkommen, wo es billiger ist, ein solches Thal in der Breite ganz zu überbrücken, als von beiden Seiten her bis an die kürzere Brücke einen Damm durch das Thal zu schütten. Hierüber müssen vergleichende Kostenberechnungen entscheiden. Dieser Fall wird z. B. dann vorkommen können, wenn die Fundirungen nicht schwierig, das Material zur Erbauung der Brücke billig, dagegen die Beschaffung des erforderlichen Schüttungsmaterials zum anschliessenden Damme kostspielig ist.

14) Wirkung der Abgrabungen.

Die vollständige Wirkung der Abgrabungen wird aber nur dann zu erwarten sein, wenn sie sich oberhalb und unterhalb der Brücke genügend weit

[1] Vergl. auch Schubert a. a. O., S. 358.

erstrecken und eine Fluth- oder Abflussmulde mit ganz flachen An- und Ausläufen, sowohl der Höhe wie der Breite nach bilden, was sich in vielen Fällen auch erreichen lässt, indem die abzugrabende Erde zur Aufführung des Strassen- oder Bahndammes meistens mit benutzt werden können. Es entsteht aber andererseits durch Aufschlickung und Auflandung in der Regel eine erhebliche Aufhöhung der abgegrabenen Betten (besonders an der convexen Stelle, wenn die Brücke in einer Krümmung liegt); wenn etwa in mehreren Jahren bedeutende Hochwasser, welche die abgelagerten Stoffe wegführen, nicht vorkommen, und wenn solche Anlandungen sich erst festgelagert haben und bewachsen sind, so können sie bei später eintretendem Hochwasser der Strömung einen erheblichen Widerstand leisten, nachtheiligen Aufstau bewirken und zu partiellen Auskolkungen Veranlassung geben, welche dann nicht nur Abtreibungen und Uebersandungen der Grundstücke, sondern manchmal auch Gefahr für die Brücke selbst durch Unterspülung herbeiführen können. Es lässt sich deshalb gewöhnlich nicht vermeiden, von Zeit zu Zeit Aufräumungen unter den mit erheblichen Abgrabungen angelegten Brücken vorzunehmen. Man kann daher auch anfangs mit den Ausgrabungen etwas tiefer gehen als nöthig ist, oder man kann zur Feststellung der Sohlenhöhe der Abgrabung und einer Norm für die Aufräumungen, diese Abgrabungen zweckmässig mit Steinpflaster versehen.

15) Rücksichten wegen der Beschaffenheit der Sohle des Wasserlaufes.

Die grösste zulässige mittlere Geschwindigkeit in der tiefsten Perpendiculären wird nun bedingt durch die zulässige Geschwindigkeit am Boden des Flusses, welche nicht so gross sein darf, um das Flussmaterial zu bewegen und daher Vertiefungen oder Auskolkungen zu veranlassen, die den Pfeilern vielleicht gefährlich werden könnten, und welche Vertiefungen so lange dauern können, bis durch sie eine solche Vergrösserung des Querprofils erfolgt ist, dass die Geschwindigkeit genügend herabgezogen wäre. Die Geschwindigkeiten, welche von Dubuat für verschiedenes Material der Flusssohle angegeben sind, scheinen sehr klein zu sein und etwas grössere würden die dort angegebenen Materialien woh noch nicht fortbewegen [1]).

Am sichersten geht man jedenfalls, wenn man diejenige mittlere Geschwindigkeit unter der Brücke zu Grunde legt, welche man an anderen Stellen in einem Normalprofil bei Hochwasser beobachtet hat, wo die Beschaffen-

[1]) Vergl. ausführlicher: Schubert's „Theorie etc. steinerner Bogenbrücken, S. 366, über Transport von Gestein durch den Lauf des Wassers". — Sganzin, „Grundsätze der Strassen-, Brücken-, Canal- und Wasserbaukunde", übersetzt von Lehritter und Strauss, 1832, II. Theil, S. 21. — Hagen's „Wasserbau", II. Theil. Regulirung der Ströme".

heit des Bodens dieselbe ist, wie unter der Brücke; lässt man aber, um die Weite der Brücke möglichst einzuschränken, eine grössere Geschwindigkeit zu, so muss man zwischen den Brückenöffnungen und am besten eine kleine Strecke oberhalb und unterhalb der Brücke pflastern und zwar mit um so grösseren Steinen, je grösser die Geschwindigkeit ist, und den Anfang und das Ende des Pflasters durch genügend tiefgehende Herdmauern vor Unterspülung sichern [1]).

Zu ähnlichen Zwecken umgiebt man bekanntlich auch die Pfeiler rund herum mit einem Steinwurf, welcher übrigens nicht, wie Einige angeben, an den Pfeilerkopf unterhalb am sichersten gemacht sein, sondern am Pfeilerkopf oberhalb ebenso tief reichen muss [2]).

16) Zusammenhang unter den verschiedenen Geschwindigkeiten in einem Querprofile.

Kann man die Geschwindigkeit an der Sohle nicht durch Versuche ermitteln, so muss man solche nach den darüber vorhandenen Formeln schätzen. Ist v die mittlere Geschwindigkeit eines Querprofils, so ist nach Lahmeyer [3]) die grösste Geschwindigkeit in dem Querprofil $V = \frac{v}{0{,}75}$, und nach den unten angeführten Annahmen von Weisbach [4]) $V = \frac{v}{0{,}837}$, und wird diese grösste Geschwindigkeit im Stromstrich, wo die grösste Tiefe im Querprofil vorhanden ist, stattfinden, oder bei gleicher Tiefe eines Profils in der halben Breite desselben.

17) Grösste, mittlere und kleinste Geschwindigkeit in einer Perpendiculären etc.

Was das Verhältniss der grössten und mittleren Geschwindigkeit in einer Perpendiculären und Geschwindigkeit an der Sohle anbetrifft, so nehmen die verschiedenen Formeln, welche hierüber aufgestellt sind, meistens an, dass die grösste Geschwindigkeit an der Oberfläche stattfinde, und dass die Abnahme von der Oberfläche bis zur Sohle hin nach irgend einem Gesetze erfolge, obgleich die erstere Voraussetzung, wie bei Gelegenheit der Versuche auf dem Mississippi erwähnt, ungenau, und die Tiefe unter der Oberfläche, wo die grösste Geschwindigkeit stattfindet, veränderlich ist. Diese Formeln finden

---

[1]) Vergl. z. B.: „Die Brücke über die Oker". Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingen.-Vereins, 1866.

[2]) Vergl.: „Zeitschrift des hannov. Archit.- und Ingenieur-Vereins, Jahrgang 1858, Band IV, S. 367", wonach Brücken durch Unterspülung des Pfeilerkopfes an der Seite oberhalb, bei Hochwasser eingestürzt sind.

[3]) Rühlmann, „Hydromechanik", S. 291.

[4]) Weisbach, „Ingenieur-Mechanik" I., 3. Auflage, S. 827.

sich in den meisten Lehrbüchern der Hydraulik aufgeführt [1]) und eine Kritik derselben findet sich in Hagen's Wasserbau [2]).

Eine einfache Annahme macht Eytelwein [3]), nach welcher die Geschwindigkeitsscala eine gerade Linie ist und sich die grösste Geschwindigkeit C_0, welche in der Oberfläche angenommen wird, auf jeden Fuss rheinländisch — wofür man genau genug jedes Fussmaass wird annehmen können — Tiefe, um $0{,}008\ C_0$ vermindern soll. Ist also t die Tiefe in einer Perpendiculären, so ist die mittlere Geschwindigkeit:

$$C_m = C_o - 0{,}008\ C_o\ \frac{t}{2} = C_o - 0{,}004\ C_o\ t,$$

und die an der Sohle ist:

$$C_u = C_o - 0{,}008\ C_o\ t.$$

Will man von der zulässigen Geschwindigkeit an der Sohle ausgehen, so findet man die mittlere aus der Gleichung:

$$C_m = C_u \left(\frac{1 - 0{,}004\ t}{1 - 0{,}008\ t}\right),$$

für hannoversches Maass werden die Coefficienten:

$$0{,}008 = 0{,}00744$$

$$\text{und}\quad 0{,}004 = 0{,}00372.$$

Hätte man nun nach dem Obigen die mittlere Geschwindigkeit in jeder Perpendiculären aus der an der Oberfläche gemessenen gefunden, so kann man, wie früher angegeben, die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Querprofils finden, indem man die mittlere in jeder Perpendiculären mit der zugehörigen Breite und Tiefe multiplicirt, die Summe der Producte bildet und durch die Querschnittsfläche des gesammten Profils dividirt.

Nach den Versuchen von Ximenes, Brünings und Funk soll sich ergeben haben [4]), dass die mittlere Geschwindigkeit in einem Perpendikel:

$$C_m = 0{,}915\ C_0 \quad \text{ist.} \quad \text{(Fig. 14.)}$$

Es nimmt also die Geschwindigkeit von oben bis zur Mitte um

$$C_0 - C_m = (1 - 0{,}915)\ C_0 = 0{,}085\ C_0$$

ab und es ist daher nach der graphischen Darstellung die Geschwindigkeit unten an der Sohle

$$C_u = C_0 - 2\ .\ 0{,}085\ C_0 = (1 - 0{,}170)\ C_0 = 0{,}83\ C_0.$$

---

[1]) Vergl. Rühlmann, „Hydromechanik", S. 290; ferner Weisbach, „Ingen.-Mechanik" I., 3. Auflage, „Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen", S. 827.

[2]) Zweiter Theil: „Bewegung des Wassers in Strömen; mittlere Geschwindigkeit".

[3]) Eytelwein's „Mechanik", von Forster, 1842, S. 152.

[4]) Weisbach, „Ingenieur-Mechanik" I., 3. Auflage, S. 827.

Ist nun die ganze Tiefe = t, so hat man bei Annahme einer der geraden Linie entsprechenden Geschwindigkeitsscala nach der Figur die Geschwindigkeit v in der Tiefe x unter Wasser:

$$v = C_0 - (C_0 - C_u) \frac{x}{t} = \left(1 - 0{,}17 \frac{x}{t}\right) C_0.$$

Sind nun noch C_0, C_1, C_2 .... die Oberflächengeschwindigkeiten in gleichen Abständen eines Querprofils von nicht sehr veränderlicher Tiefe, so hat man die entsprechenden Geschwindigkeiten in der mittleren Tiefe, wo $x = \frac{t}{2}$:

$$0{,}915\, C_0, \quad 0{,}915\, C_1, \quad 0{,}915\, C_2 \ldots.$$

und daher die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Querprofile:

$$C = 0{,}915 \left(\frac{C_0 + C_1 + C_2 + \ldots . C_n}{n}\right).$$

Hat man bloss die grösste Oberflächengeschwindigkeit C_s im Stromstrich ermittelt, wie es oft zu ungefähren Messungen in oberflächlicher Weise nur geschieht und nimmt, wenn ein regelmässiges Profil vorhanden, endlich an, dass die Geschwindigkeit vom Stromstriche aus nach den Ufern zu in demselben Verhältnisse abnehme, wie nach der Tiefe, so kann man wieder die mittlere Oberflächengeschwindigkeit:

$$\frac{C_0 + C_1 + \ldots . C_n}{n} = 0{,}915\, C_s$$

setzen und erhält dann die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Querprofil:

$$C = 0{,}915 \,.\, 0{,}915\, C_s = 0{,}837\, C_s,$$

also 83 bis 84 Procent der Maximal- oder Stromstrichgeschwindigkeit an der Oberfläche. Eine allerdings sehr rohe und gewagte Schätzung, die nur zur allerersten Beurtheilung würde dienen können.

d. Inundationsbrücken.

In engen Thälern, in Defiléen etc. wird man einen Strassendamm oder eine Bahn nicht gern in dem Thale selbst dem Flusse parallel führen, um dasselbe nicht noch mehr einzuengen, sondern wird gern die anliegenden Höhen benutzen; auch dessbalb, weil es erwünscht ist, die Strasse den Angriffen des Hochwassers nicht auszusetzen, weil dadurch künstliche Befestigungen der Böschungen erforderlich werden könnten. In weiteren Thälern, deren Ufer bei Hochwasser auf grössere Breite überströmt werden, kommt es dagegen nicht selten vor, dass durch eine das Thal verfolgende Strassen- oder Bahnanlage ein Theil des Ueberschwemmungsgebietes eines Flusses abgeschnitten wird, so dass dann eine Brücke nicht bloss das von den anliegenden Höhen und etwa einmündenden Nebengewässern in diesen abgeschnittenen Theil gelangende Wasser abführen, sondern auch umgekehrt den Zu- und Abfluss des Ueberschwemmungs-

wassers, welches zur Befruchtung dient, vermitteln muss. Dies ist bei der Bestimmung der Weite zu berücksichtigen, wobei also mit Berücksichtigung der Zeitdauer des Steigens und Fallens des Hochwassers eine genügende Bewässerung der abgeschnittenen Fläche stattfinden muss. Es wird sich dann bei eintretendem Hochwasser vor der Brücke ein mit dem Steigen und Fallen des Hochwassers veränderlicher Stau oder eine Druckhöhe herstellen, welche das Einfliessen bewirkt. Man pflegt auch häufig, weil das Thal im abgeschnittenen Stücke Gefälle hat, zwei Brücken, eine am obern und eine am untern Theile des abgeschnittenen Stückes zu erbauen, so dass das Einfliessen vorzugsweise durch die oberhalb, das Abfliessen durch die unterhalb gelegene stattfinden könne.

D. Kurze Zusammenstellung der Vorarbeiten zur Bestimmung der Brückenweite.

Nach dem Vorhergehenden sind die erforderlichen Vorarbeiten, welche man wenigstens anstellen muss, folgende:

I. Ermittelung des Wasserquantums:

a. Aufnahme von Querprofilen,

b. Ermittelung des Gefälles bei verschiedenen Wasserständen,

c. Geschwindigkeitsmessungen.

II. Aufnahme des Flusses innerhalb der für jeden Fall zu bezeichnenden Grenze, welche Karte zugleich als Expropriationskarte dienen kann. Sie muss ausserdem enthalten:

a. den Wasserlauf bei gewöhnlichem Wasser,

b. die Stromrinne oder Richtung des Stromstrichs,

c. die Inundationsgrenze beim höchsten Wasserstande,

d. die Richtung der Strasse oder Eisenbahn,

e. die aufwärts gelegenen Wohnhäuser und Gebäude, die durch Stau etwa inundirt werden könnten etc.

III. Anfertigung eines Längendurchschnitts in der Achse des Weges oder der Bahn, worin der höchste Wasserstand angegeben.

IV. Nivellement und Anfertigung des Längendurchschnitts des Strassendammes, welcher etwa zunächst oberhalb der anzulegenden Brücke das Flussthal durchschneidet, worin angegeben: die Dammhöhe, der höchste Wasserstand, die Brückenöffnungen, die Höhe des benachbarten Terrains, und das Hochwasser-Gefälle auf einer angemessenen Länge oberhalb und unterhalb dieser vorhandenen Brücken. Angaben über die Art und die Tiefe der Fundirung, Beschaffenheit der Sohle dieser Brücken, Stau, grösste Geschwindigkeit etc. sind ebenfalls der Vergleichung halber erwünscht.

E. Beispiel der Berechnung des Durchflussprofils einer Brücke.

1) Mittelwerthe aus mehreren Profilen.

Von einem Flusse, dessen Querprofil im Allgemeinen die Form von Fig. 13, Taf. II. punktirt hat, sind folgende Daten bezüglich der Profile I., II. und III. und zwar beim höchsten, vorkommenden Wasserstande, ermittelt; das Profil II. liegt in der Nähe des Brückenüberganges, und die Profile haben gleiche Entfernungen von einander.

	Rechtes Ufer □ Fuss.	Schlauch □ Fuss.	Linkes Ufer. □ Fuss.	
Querschnitt	1832,2	2222,3	253,5	Profil I.
Benetzter Umfang	604,3	153,2	77,5	
Mittlere Tiefe	3,03	17,76	3,26	
Querschnitt	1395,9	2348,5	345,1	Profil II.
Benetzter Umfang	492,2	155,8	129,0	
Mittlere Tiefe	2,86	21,09	2,70	
Querschnitt	902,7	2388,1	380,7	Profil III.
Benetzter Umfang	355,5	155,0	136,0	
Mittlere Tiefe	2,50	22,43	2,80	

Die einnivellirte Höhendifferenz zwischen dem ersten und letzten Profil beträgt 8,3 Fuss, und die Entfernung, welche ein Schwimmer in dem etwas gewundenen Stromstrich zwischen I. und III. durchmisst, ist zu 11200 Fuss ermittelt. Mithin ist das Gefälle im Stromstriche = 0,000741.

Die Entfernung, welche ein auf den überschwemmten Uferstrecken der Strömung folgender Schwimmer durchläuft, ist zu 10160 Fuss ermittelt; mithin beträgt hier das Gefälle, welches in Rechnung zu bringen:

$$\frac{8{,}3}{10160} = 0{,}000816929, \text{ setze } 0{,}00082.$$

Vermittelt man diese Werthe, so ist der mittlere Querschnitt des eigentlichen Schlauches:

$$a = \frac{2222{,}3 + 2348{,}5 + 2388{,}1}{3} = 2319{,}63 \ \square \text{ Fuss,}$$

und der mittlere benetzte Perimeter:

$$p = \frac{153{,}2 + 155{,}8 + 155{,}0}{3} = 154{,}66,$$

also der Mittelwerth von

$$\frac{a}{p} = \frac{2319{,}63}{154{,}66} = 15{,}00$$

und die mittlere Tiefe

$$= \frac{17{,}76 + 21{,}09 + 22{,}13}{3} = 20{,}4,$$

dafür $20^1/_2$ Fuss gesetzt.

Hiernach hat ein mittleres Profil etwa die Form von Fig. 13, denn es ist darin

$$2{,}86 \cdot 144{,}2 + 17{,}61 \left(\frac{144{,}2 - 72{,}1}{2}\right) = 2317{,}51,$$

also nahe 2319,63, wobei in der Figur rund 144 Fuss für die obere Breite gesetzt sind.

Das Mittel vom Querschnitt des Thales rechts ist:

$$\frac{1832{,}2 + 1395{,}9 + 902{,}7}{3} = 1343{,}60 \;\square\,\text{Fuss},$$

und die mittlere Tiefe ist:

$$\frac{3{,}03 + 2{,}86 + 2{,}50}{3} = 2{,}80,$$

die mittlere Breite ist daher

$$\frac{1343{,}60}{2{,}80} = 480 \text{ Fuss},$$

der Perimeter:

$$= \frac{604{,}3 + 492{,}2 + 355{,}5}{3} = 483{,}96, \text{ setze } 484.$$

Das Mittel vom Querschnitt des Thales links ist:

$$\frac{253{,}3 + 345{,}1 + 380{,}7}{3} = 326{,}43 \;\square\,\text{Fuss},$$

und die mittlere Tiefe:

$$\frac{3{,}26 + 2{,}70 + 2{,}80}{3} = 2{,}92;$$

daher die mittlere Breite:

$$= \frac{326{,}43}{2{,}92} = \text{rund } 112 \text{ Fuss},$$

der Perimeter:

$$= \frac{77{,}5 + 129{,}0 + 136}{3} = 114{,}6, \text{ setze } 115.$$

2) Geschwindigkeit und Wassermenge im Stromschlauch.

Benutzt man die Bazin'sche Formel und nimmt dabei an, dass, weil das Ufer des Schlauches bewachsen ist, während die Sohle glatt ist, die Geschwindigkeit nur 0,8 der für Canäle mit Erdwänden beobachteten betragen mag, und dass sie auf den mit Gras theils bewachsenen, überströmten Flächen des Thales bis zu 0,75 der für Erdwände herabsinken kann, so hat man für die mittlere Geschwindigkeit des Profils, welches den eigentlichen Stromschlauch bildet, für hannoversches Maass:

$$U = 0{,}8 \sqrt{\frac{\frac{a}{p} \cdot \frac{h}{l}}{0{,}000082 \left(1 + \frac{4{,}275}{15}\right)}},$$

$$U = 0{,}8 \sqrt{\frac{\frac{2319{,}63}{154{,}66} \cdot 0{,}000741}{0{,}000082 \cdot 1{,}285}},$$

U_s[1] $= 0{,}8 \cdot 97{,}42 \cdot 0{,}10542 = 0{,}8 \cdot 10{,}27 = 8{,}216$ Fuss

und die Wassermenge, welche durch den eigentlichen Schlauch fliesst:

$U \cdot a = 8{,}216 \cdot 2319{,}63 = 19058$ Cubikfuss.

3) Dessgleichen in dem überschwemmten Thale.

Für das Thal rechts ist:

$$U_r = 0{,}75 \sqrt{\frac{\frac{1343{,}6}{484} \cdot 0{,}00082}{0{,}000082 \left(1 + \frac{4{,}275}{2{,}80}\right)}},$$

$U_r = 0{,}75 \cdot 68{,}8 \cdot 0{,}0477 = 2{,}46$ Fuss,

und die Wassermenge:

$U_r\, a_r = 2{,}46 \cdot 1343{,}6 = 3305{,}26$ Cubikfuss.

Endlich hat man für das Thal links:

$$U_l = 0{,}75 \sqrt{\frac{\frac{326{,}43}{115} \cdot 0{,}00082}{0{,}000082 \left(1 + \frac{4{,}275}{2{,}92}\right)}},$$

$U_l = 0{,}75 \cdot 70{,}35 \cdot 0{,}01824 = 2{,}545$ Fuss,

und die Wassermenge:

$U_l\, a_l = 2{,}545 \cdot 326{,}43 = 830{,}76$ Cubikfuss.

Mithin ist die gesammte Wassermenge bei höchstem Wasserstande:

$= 19058 + 3305 + 831 = 23194$ Cubikfuss.

Das Niederschlagsgebiet dieses Wassers bis zur Brückenbaustelle beträgt etwa 56 □Meilen, mithin kommen auf die □Meile $\frac{23194}{56} =$ rund 414 Cubikfuss.

4) Ermittelung des Profils der Abgrabungen.

Der Sommer-Wasserstand ist 10 Fuss unter dem höchsten und man kann das Vorland auf durchschnittlich 6 Fuss Tiefe unter dem höchsten Wasserstande abgraben und eine entsprechende Einschränkung des Thales vornehmen.

---

[1]) Der Eytelwein'sche Coefficient ist hier also:

$0{,}8 \cdot 97{,}42 = 77{,}936.$

Die Länge dieser Abgrabung wird mit je 40 bis 50 Ruthen oberhalb und unterhalb der Brücke, allmählich sowohl der Tiefe wie der Breite nach in dem Terrain sich verlaufend, genügen.

Um die Geschwindigkeit in dem durch Abgrabung hergestellten Profile zu finden, hat man nach der Bazin'schen Formel, wenn man, um nicht zu wenig zu rechnen, den Coefficienten 0,75 beibehält:

$$U_a = 0{,}75 \sqrt{\frac{\frac{a\,h}{p\,l}}{0{,}000082\left(1 + \frac{4{,}275}{6}\right)}},$$

worin genau genug statt des Quotienten aus Querschnitt und Perimeter die mittlere Tiefe = 6 Fuss gesetzt ist. Es ist aber auch, wenn Q_a die Wassermenge, welche durch die Abgrabungen fliesst, bezeichnet und F den Gesammtquerschnitt derselben, $U_a = \frac{Q}{F}$, und nennt man b die Gesammtbreite der Abgrabung, so ist auch F = 6 b = a der obigen Formel.

Man hat also:

$$\frac{Q}{6\,b} = 0{,}75 \sqrt{\frac{\frac{6\,b}{b} \,.\, 0{,}00082}{0{,}000082\,(1{,}7125)}},$$

und hieraus:

$$\frac{Q^2}{36\,b^2} = \frac{0{,}5625 \,.\, 60}{1{,}7125},$$

$$Q^2 = 709{,}188\,b^2,$$

also

$$b = \sqrt{\frac{Q^2}{709{,}188}} = \sqrt{\frac{4136^2}{709{,}188}} = \sqrt{24111{,}01} = 155{,}27 \text{ Fuss.}$$

Diese Breite von rund 156 Fuss kann man nun, je nachdem die Situation des Wasserlaufes es gestattet, und je nachdem man die Pfeiler der Brücke stellen will, durch Abgrabung von einem und dem anderen Ufer, oder auch durch Abgrabung von nur einem Ufer, der Breite des Schlauches von 144 Fuss hinzufügen, so dass die gesammte Lichtweite der Brücke 144 + 156 = 300 Fuss sein würde.

Nehmen wir an, dass man 5 Oeffnungen wählte, und dass die Mittelöffnung im Stromstrich zu liegen käme, so würde also die Anordnung der Pfeiler die im Profil Fig. 13 angegebene sein können, wo jede Oeffnung $\frac{300 - 4 \,.\, 6}{5} = 55{,}2$ Fuss im Lichten erhielt.

5) Ungefähre Ermittelung der Stauhöhe.

Man kann nun, je nachdem man einen grösseren oder gar keinen Stau zulassen will, diese gewählte Eintheilung belassen oder zu diesen 300 Fuss die

Dicke der 4 Pfeiler, jeden zu 6 Fuss beispielsweise gerechnet, hinzufügen und vorher noch der durch Contraction verringerten Durchflussmenge, oder was dasselbe ist, der durch erstere herbeigeführt gedachten Verkleinerung des Durchflussprofils Rechnung tragen. Behält man die oben angeführten Weiten bei, so kann die Stauhöhe annähernd, wie folgt, ermittelt werden:

Der Querschnitt vor der Brücke beträgt im Ganzen

$2319{,}63$ im Schlauch und $6 \cdot 156 =$
936 in den Abgrabungen,

$3255{,}63$ Quadratfuss, rund 3256 Quadratfuss,

und die Wassermenge war zu 23194 Cubikfuss ermittelt. Mithin ist die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Profil

$$\frac{23194}{3256} = 7{,}123 \text{ Fuss.}$$

Nach Abzug der Pfeiler bleibt sehr nahe ein Profil von

$$3256 - (2 \cdot 20{,}5 + 2 \cdot 6)\, 6 = 2938 \text{ Quadratfuss,}$$

und rechnet man den Ausflusscoefficienten zu etwa $0{,}9$ [1]), so bleiben $0{,}9 \cdot 2938 = 2644{,}2$ Quadratfuss als effectiv zu rechnendes Durchflussprofil.

Die mittlere Geschwindigkeit unter der Brücke ist also annähernd $\frac{3256}{2644{,}2} \cdot 7{,}123 = 8{,}771$ Fuss; mithin ist die Stauhöhe, wenn man diese mittleren Geschwindigkeiten zu Grunde legt:

$$= \frac{v_1^2 - v^2}{2g} = \frac{(8{,}771)^2 - (7{,}123)^2}{2 \cdot 33{,}6} = \frac{26{,}1933}{67{,}2} = 0{,}39 \text{ Fuss} = 4{,}68 \text{ Zoll.}$$

Berücksichtigt man nur die Geschwindigkeit im Schlauch, indem man diesen für sich betrachtet, so war die mittlere früher gefunden zu $8{,}216$ Fuss bei $2319{,}63$ oder rund 2320 Quadratfuss Querprofil.

Nach Abzug der beiden Pfeiler bleiben:

$$2320 - 2\,(6 \cdot 20{,}5) = 2074 \text{ Quadratfuss,}$$

und mit Berücksichtigung des Ausflusscoefficienten:

$$0{,}9 \cdot 2074 = 1866{,}6.$$

Mithin wäre danach die grösste mittlere Geschwindigkeit unter der Brücke:

$$\frac{2320}{1866{,}6} \cdot 8{,}216 = 10{,}212 \text{ Fuss}$$

und die Stauhöhe in der Mittelöffnung wäre etwa:

$$h = \frac{(10{,}212)^2 - (8{,}216)^2}{2 \cdot 33{,}6} = \frac{36{,}7823}{67{,}2} = 0{,}5473 \text{ Fuss,}$$

so dass also der Wasserspiegel vor der Brücke oberhalb eine etwas convexe Oberfläche der Quere nach annehmen wird, deren Form genau zu bestimmen schwierig sein dürfte. Berücksichtigt man diese gefundenen Stauhöhen zur Be-

[1]) Während er vermuthlich grösser und bei geeigneter Pfeilerform nahe = 1 ist.

rechnung des Querprofils oberhalb der Brücke, so kann man durch Wiederholung der Rechnung einen genaueren Werth für die Stauhöhe finden, was hier unterlassen werden möge.

Ist die mittlere Geschwindigkeit im Flussschlauch oberhalb der Brücke 8,216 Fuss, so ist nach der früher angeführten Weisbach'schen Ermittelung die grösste Geschwindigkeit im Querprofile, oder die Stromstrichsgeschwindigkeit auf

$$\frac{8{,}216}{0{,}837} = 9{,}82 \text{ Fuss}$$

zu schätzen, und die Geschwindigkeit unten an der Sohle in diesem Perpendikel:

$$(1 - 0{,}170)\ 9{,}82 = 0{,}83 \ .\ 9{,}82 = 8{,}1505 \text{ Fuss.}$$

Nach der Lahmeyer'schen Formel·

$$C_u = (0{,}8617 - 0{,}0137\, t)\ C_0$$

würde sie nur sein:

$$C_u = (0{,}8617 - 0{,}0137 \ .\ 20{,}5)\ 9{,}82 = 0{,}6809 \ .\ 9{,}82 = 6{,}6864 \text{ Fuss,}$$

und nach der Eytelwein'schen:

$$C_u = C_0\ (1 - 0{,}008 \ .\ t) = 9{,}82\ (1 - 0{,}008 \ .\ 20{,}5),$$

für hannoversches Maass:

$$C_u = C_0\ (1 - 0{,}0075 \ .\ t), \text{ also } = 9{,}82 \ .\ 0{,}846 = 8{,}308.$$

Nimmt man das Mittel aus diesen 3 Werthen, so würde sie zu 7,68 Fuss zu schätzen sein, und rechnet man die Vermehrung derselben durch die Stauhöhe von 0,5473 Fuss, so würde die grösste Geschwindigkeit an der Sohle etwa sein können:

$$C_u = \sqrt{2gh + C_u{}^2} = \sqrt{2 \ .\ 33{,}6 \ .\ 0{,}5473 + (7{,}68)^2}$$
$$= \sqrt{36{,}7823 + 59{,}5212} = \sqrt{95{,}7617} = 9{,}81.$$

Ob nun diese Geschwindigkeit an der Sohle mit Rücksicht auf die Beschaffenheit derselben zulässig, muss durch Erfahrung bekannt sein; am sichersten urtheilt man, wenn etwa in der Nähe der Brückenbaustelle Profile vorhanden sind, in denen diese Geschwindigkeit ohne die Sohle zu verändern, stattgefunden hatte.

6) Vergrösserung der Weite, wenn kein Stau über dem ursprünglichen Wasserspiegel stattfinden soll.

Glaubt man aber, diese Geschwindigkeit, welche die vor Anlage der Brücke am Boden stattfindende um 9,81 — 7,68 = 2,13 Fuss übertrifft, nicht zulässig halten zu können, so wird man die Stauhöhe herabziehen müssen, also das Durchflussprofil vergrössern, und diese Vergrösserung kann sich, wenn gar kein Stau über dem ursprünglichen Wasserspiegel, oder gar keine Vermehrung der Geschwindigkeit an der Sohle zulässig ist, bis dahin erstrecken, dass man das

lichte Durchflussprofil mit Berücksichtigung der Contraction gleich dem des Wasserlaufes selbst macht.

Man würde daher, wenn die beiden Mittelpfeiler im Schlauche stehen bleiben, mit Berücksichtigung des Ausflusscoefficienten den Querschnitt des Schlauches auf $\frac{2320}{0{,}9} + 2 \cdot 6 \cdot 20{,}5 = 2823{,}77$ Fuss vergrössern müssen.

Ebenso würde man den Querschnitt der Abgrabung auf

$$\frac{936}{0{,}9} + 2 \cdot (6 \cdot 6) = 1112 \text{ Quadratfuss}$$

vergrössern müssen.

Der Querschnitt des Profils selbst betrüge dann also:

$$\begin{array}{r} 2823{,}77 \\ 1112{,}00 \\ \hline 3935{,}77 \end{array} \text{ Quadratfuss,}$$

statt früher 3256 Quadratfuss. Das so gewählte Profil würde das grösste sein, das man zu wählen braucht, weil mit Berücksichtigung des Ausflusscoefficienten und der Pfeiler ein dem ursprünglichen Profil gleichwerthes übrig bleibt.

Die mittlere Geschwindigkeit im Schlauch ist dann oberhalb der Brücke nahe vor derselben

$$8{,}216 \cdot \frac{2320}{2824} = 6{,}75 \text{ Fuss,}$$

und unter der Brücke im Schlauch nach der Voraussetzung 8,216 Fuss. Die Differenz der Höhe vor und nach der Brücke ist dann:

$$h = \frac{(8{,}216)^2 - (6{,}75)^2}{2 \cdot 33{,}6} = \frac{21{,}9401}{67{,}2} = 0{,}326 \text{ Fuss,}$$

indessen findet diese Erhöhung nicht über den Wasserspiegel des Flusses im ungeänderten Zustande statt, sondern über den gesenkten Wasserspiegel, welcher (die Brücke weggedacht) entstanden wäre, wenn man das Profil so vergrössert hätte, dass sich die mittlere Geschwindigkeit im Schlauche auf 6,75 Fuss verkleinerte, wodurch eine Vereinigung des Gefälles und zugleich eine Senkung des Hochwasserspiegels entstand, welche in einfacher Weise a priori nicht zu berechnen, aber der Stauhöhe vor der Brücke nahezu gleich sein kann, so dass eine Erhöhung des Wasserspiegels über den ursprünglichen kaum eingetreten sein wird, wogegen der Wasserspiegel unterhalb der Brücke gegen den früheren sich etwas gesenkt haben wird.

Die grösste Geschwindigkeit an der Sohle im Schlauche unter der Brücke bestimmt sich nun aus der grössten im Schlauche, welche letztere nach Weisbach zu

$$\frac{8{,}216}{0{,}837} = 9{,}82 \text{ Fuss}$$

wie vorhin angegeben ist, und wird nicht grösser als diejenige, welche vor Er-

bauung der Brücke und vor Veränderung des Profils stattfand, und welche aus der grössten Geschwindigkeit von 9,82 zu 7,68 Fuss geschätzt wurde.

Die obere Breite x im Schlauch erhält man, wenn das Verhältniss der Sohlenbreite zur oberen wie 1 : 2 bleiben soll, nun aus der Beziehung:

$$2{,}86\,x + 17{,}64 \left(\frac{x + \frac{x}{2}}{2}\right) = 2824$$

zu $x = \frac{2824}{16{,}09} = 175{,}51$ Fuss, und in der Abgrabung zu $x_1 \,.\, 6 = 1112$, also $x = 185{,}33$, im Ganzen also 360,84, wofür man 360 Fuss setzend, bei 5 Oeffnungen die Weite jeder derselben zu $\frac{360}{5} - 24 = 67{,}2$ Fuss im Lichten erhält, also eine Anordnung, wie Fig. 14 zeigt.

7) Verschiedene, mögliche Vertheilung der Gesammtweite auf einzelne Oeffnungen.

Zweckmässig kann es auch aus Constructionsrücksichten, um die Pfeiler mehr im Trocknen zu erbauen, sein, die mittlere Oeffnung grösser zu nehmen, so dass die Pfeiler nicht im Stromschlauche zu stehen kommen.

Dann muss, wenn man die Contraction berücksichtigt, der mittlere Querschnitt etwa

$$\frac{2320}{0{,}9} = 2577{,}7 \text{ Quadratfuss}$$

sein und daher erhält man die obere Breite aus

$$2\,.\,86\,x + \frac{17{,}64\left(x + \frac{x}{2}\right)}{2} = 2578 \text{ zu } x = 160{,}22 \text{ Fuss,}$$

setze 160, zugleich als Weite der mittleren Oeffnung.

Zu der Breite der Abgrabungen kommen dann noch die zwei Mittelpfeilerbreiten mit 12 Fuss, wesshalb diese $185{,}33 + 12 = 197{,}33$ Fuss wird, wofür 198 gesetzt, so dass von den 4 Seitenöffnungen jede

$$\frac{198 - 4\,.\,6}{4} = \frac{174}{4} = 43{,}5 \text{ Fuss}$$

im Lichten erhält, woher also eine Anordnung entsteht, wie in Fig. 15 angegeben.

Will man endlich in einer geraden Strecke, deren einmal unter dem Wasserspiegel feste Ufer man nicht gern berühren will — abgesehen davon, dass eine Verbreiterung im Wasserlaufe selbst unter Wasser umständlich ist — eine Vergrösserung des Schlauches nicht vornehmen, so kann man auch letztere durch eine Vergrösserung der Abgrabung genau genug ersetzen. Es fehlen z. B. im letzteren Falle am Querschnitte des Schlauches

$$2578 - 2320 = 258 \text{ Quadratfuss,}$$

welche, weil die mittlere Geschwindigkeit in der Abgrabung kleiner ist als im Schlauche, durch eine grössere Anzahl Quadratfusse in der Abgrabung ersetzt werden müssen.

Die mittlere Geschwindigkeit in der Abgrabung ist aber etwa

$$\frac{4136 \text{ Cubikfuss}}{936 \text{ Quadratfuss}} = 4{,}12 \text{ Fuss},$$

und die im Schlauche

$$8{,}216 \text{ Fuss},$$

also sind in der Abgrabung

$$\frac{8{,}216}{4{,}12} \,.\, 258 = 479{,}6 \text{ Quadratfuss}$$

für den Abfluss etwa gleichbedeutend mit 258 Quadratfuss im Schlauche, wesshalb bei mittlerer Tiefe von 6 Fuss die Abgrabung noch um $\frac{479{,}6}{6}$ = rund 48 Fuss zu erbreitern ist, wenn die Breite des Schlauches unverändert bleibt.

Dann erhält man die Breite in der Abgrabung zu

$$185{,}33 + 48 + 12 = 245{,}33 \text{ Fuss}$$

= 246 Fuss rund, und kann z. B. eine Anordnung wie Fig. 16 mit 4 Oeffnungen von 55½ Fuss und einer Oeffnung von 144 Fuss wählen.

Es ist selbstredend, dass man je nach Umständen die Vertheilung der Abgrabung auf das eine oder andere Ufer vornehmen und die Weite und Anzahl der einzelnen Oeffnungen mit Rücksicht auf die unten angegebenen Verhältnisse wählen, also z. B. eine Anordnung wie in Fig. 17 treffen kann.

Eine Uebersicht der Rechnungen ergiebt, dass solche nur etwas mehr als oberflächliche Schätzungen sind, indessen ist es zweifelhaft, ob man mit genaueren Rechnungen der Wahrheit viel näher kommen würde. Immer wird es vorzuziehen sein, eine Beobachtung der grössten, der mittleren und der Geschwindigkeiten an der Sohle, bei Hochwasser vorzunehmen, um danach event. die Coefficienten der zu gebrauchenden Formeln selbstständig für den jedesmal vorliegenden Fall zu bestimmen.

8) Bestimmung des Coefficienten der Bazin'schen Formel aus localen Messungen.

Zur Bestimmung dieser Coefficienten für die Bazin'sche Formel hat man also:

$$\frac{R\,I}{U^2} = \alpha + \beta \,.\, \frac{1}{R},$$

den Werth links kann man durch Beobachtung bestimmen und ebenso R durch Messung. Setzt man daher hierfür

$$y = \alpha + \beta x,$$

so hat man, wenn n Versuche gemacht sind, z. B. nach Weisbach's „Ingenieur", 3. Auflage, S. 77, für den Fall, dass

$$y = \alpha u + \beta x$$

die Werthe von α und β nach der Methode der kleinsten Quadrate:

$$\alpha = \frac{\Sigma (x^2)\, \Sigma (u y) - \Sigma (u x)\, \Sigma (x y)}{\Sigma (u^2)\, \Sigma (x^2) - \Sigma (u x)\, \Sigma (u x)},$$

$$\beta = \frac{\Sigma (u^2)\, \Sigma (x y) - \Sigma (u x)\, \Sigma (u y)}{\Sigma (u^2)\, \Sigma (x^2) - \Sigma (u x)\, \Sigma (u x)},$$

und für den vorliegenden Fall mit Berücksichtigung, dass, weil u hier = 1 ist, also $\Sigma (u^2) = n$:

$$1) \quad \alpha = \frac{\Sigma (x^2)\, \Sigma (y) - \Sigma (x)\, \Sigma (x y)}{n \Sigma (x^2) - \Sigma (x)\, \Sigma (x)},$$

$$2) \quad \beta = \frac{n \Sigma (x y) - \Sigma (x)\, \Sigma (y)}{n \Sigma (x^2) - \Sigma (x)\, \Sigma (x)}.$$

XI.

Wahl des Materials zu einer Brückenconstruction.

1) Allgemeines.

Das Material zu einer Brücke ist entweder Holz, Eisen, und zwar Gusseisen oder Schmiedeeisen, neuerdings auch Stahl, oder Steinmaterial (Backsteine oder natürliche Steine). Ueber die Vorzüge und Nachtheile der verschiedenen Materialien lässt sich unter anderem das Folgende bemerken, wobei manche Vorzüge, welche für die eisernen Brücken angeführt sind, auch für die hölzernen geltend gemacht werden können.

1) Hölzerne Brücken sind hier zu Lande die billigsten, auch wenn man die Reparaturen und Amortisation berücksichtigt, dagegen vergänglich und gegen das Ende ihrer Zeitdauer oft nicht ohne Gefahr, was Sicherheit anbetrifft. Sie sind leicht und belasten die Pfeiler wenig, können von Zimmermeistern an Ort und Stelle meistens hergestellt werden. Bei Strassenbrücken kommt auch nicht so leicht, wie bei Eisenbahnbrücken, Feuersgefahr in Frage. Meistens kann man sie auch, wenn abgängig, ersetzen, ohne den Verkehr auf der Strasse einstellen zu müssen.

Ihre Dauer ist sehr verschieden, von 20 bis 50 Jahren, je nachdem Nadel- oder Eichenholz verwandt und nach der Qualität desselben, je nach der Grösse (Anzahl einzelner Stücke und Verbindungen) nach der Herstellungsart (glatt gehobelt oder nicht) nach der Construction (gehörige Abdeckung und Sorge für Wasserablauf für die einzelnen Hölzer, richtige Anbringung der Eisentheile, ob mit Bedachung versehen oder nicht), nach der Lage (ob Hochgewässern ausgesetzt); die äusseren Theile, welche abwechselnd Regen und Sonne ausgesetzt, verder-

ben am schnellsten, ferner Mauerlatten, welche auf Quadern ruhen etc., nach der mehr oder weniger sorgfältigen Unterhaltung überhaupt, und endlich ist die Dauer einzelner Theile (Bebohlung, Fahrbahn etc.) von der Grösse der Frequenz abhängig. Die jährlichen Reparaturen bei der obigen Dauer bis zum Neubau mögen durchschnittlich 2 bis 3 Proc. betragen.

In neuerer Zeit imprägnirt oder präparirt man dergleichen Hölzer mit fäulnisswidrigen Substanzen der verschiedensten Art (Zinkchlorid, Kupfer- und Eisenvitriol, Theeröle, Creosot etc.), wodurch ihre Dauer erhöht wird. Bei Zinkchlorid wird man die $1\frac{1}{2}$fache bis doppelte Dauer annehmen können, wobei die Kosten des Präparirens (abgesehen vom Transport nach und von der Anstalt) sich auf etwa $1 - 1\frac{1}{2}$ *gr* pro Cubikfuss belaufen können. Beim Präpariren mit Zinkchlorid, welches unter grösserer oder Kochhitze geschieht, verändert sich, nach den Versuchen des Verfassers, die Festigkeit und Elasticität des Holzes etwa wie folgende Tabelle ergiebt, welche das Verhältniss der Bruchbelastungen und Durchbiegungen angiebt,

Art des Holzes.	Bruchbelastungen		Durchbiegung bis zum Bruch	
	präparirt.	nicht präparirt.	präparirt.	nicht präparirt.
Tanne.........	450	637	4,96	4,88
Kiefer.........	512	562	4,76	5,35
Eiche..........	400	600	4,55	5,49

wonach die Festigkeit und Elasticität etwas alterirt werden. Indessen rechnet man bekanntlich in Rücksicht auf das spätere Verderben des Holzes nur geringe Inanspruchnahmen pro □ Zoll, so dass hölzerne Brücken anfänglich viel zu stark sind. Wenn also die Präparation die Hölzer vor Verfaulen schützen kann, so sind dennoch auf die Dauer Brücken mit präparirten Hölzern sicherer, als solche mit unpräparirten.

Hölzerne Eisenbahnbrücken halten kürzere Zeit (10–25 Jahre) als Chausseebrücken, weil man nach Art der Construction die Hauptträger, worauf die Querschwellen verbolzt werden, nicht gut mit Deckbohlen versehen kann wie bei den Chausseebrücken, auch mögen die stärkeren Erschütterungen mit zum raschen Vergange beitragen.

2) Bei hölzernen Brücken kann man die billigste Art der Pfeilerconstruction, nämlich hölzerne Joche, anwenden, welche überall leicht herzustellen sind und den Wasserabfluss am wenigsten beengen. Doch sind sie sehr vergänglich und müssen oft durch Eisbrecher geschützt werden.

3) Gusseiserne Brücken sind meistens eben so theuer wie schmiedeeiserne, da, wenn zwar Gusseisen billiger, wegen der geringen zulässigen Inanspruchnahme (bei grossen Bogenbrücken 3 bis 4000 Pfund pro □ Zoll, bei kleinen Balken-

brücken noch weniger) sie schwerer als schmiedeeiserne werden und in sehr langen Trägern ist Gusseisen bei Erschütterungen ein unzuverlässiges Material. In England und Frankreich ist es gebräuchlicher als in Deutschland. Es rostet weniger als Schmiedeeisen, doch kann man beide gleichviel durch Anstrich schützen. (Vergleiche Collectaneen über einige zum Brücken- und Maschinenbau verwendete Materialien u. s. w. von v. Kaven. Hannover, Schmorl & v. Seefeld. 1869.)

Der Vergleich zwischen massiven und schmiedeeisernen Brücken ergiebt etwa das Folgende:

4) Massive Brücken sind sehr dauerhaft (worüber Erfahrungen seit den Römerzeiten vorliegen) und erfordern wenig Reparaturen. Ihre Dauer lässt sich nicht allgemein angeben und hängt vom verwandten Material ab und ob sie mehr oder weniger exponirt sind. Man wird zwischen 100 bis 1000 Jahre annehmen können und jährliche Reparaturen mit $1/4$ bis $1 1/2$ Proc. veranschlagen dürfen.

5) Sie bedürfen (schon bei geringen Weiten) starker Lehrgerüste zur Herstellung des Bogens, dagegen kann man bei eisernen Brücken mit verhältnissmässig schwachen Gerüsten, oft selbst bei grossen Weiten (150 bis 200 Fuss) ganz ohne Gerüste aus, indem man sie mittelst Ueberschieben oder Aufwinden von den Pfeilern aus aufstellt. Dies ist bei tiefen Thälern von Belang, wo die Gerüste sonst eben so viel kosten können wie die Brücke. Man kann auch die Pfeiler ohne Gerüst bauen, indem man die Hebevorrichtungen auf das übergeschobene Ende des Brückenträgers stellt und von ihm aus den Pfeiler zusammensetzt.

6) Eiserne Brücken sind auch in Deutschland schon für geringe Weiten (50 bis 60 Fuss) häufig billiger als Brücken von Quader und nur wenig theurer als solche von Backstein (welche wegen des Materials und weil man geringere Gerüste zum Versetzen gebraucht, billiger als solche von Quader sind). Für grössere Weiten können sie im Allgemeinen um so mehr billiger kommen, als man weniger Pfeiler gebraucht.

7) Man kann mit Eisenconstruction grössere Weiten in einer Oeffnung überspannen als mit massiven Brücken. Die bekannte weiteste Oeffnung einer massiven Brücke ist 200 Fuss engl. (Dee bei Chester), der grösste Radius eines Gewölbes 184 Fuss hannov. (Alma-Brücke in Paris), dagegen sind die möglichen Weiten für eiserne Balkenbrücken bei 8 bis 9 Kilogramm pro □ Millimeter bis etwa 200 Meter und man denkt mit Eisen oder Stahl durch Hängebrücken Oeffnungen von 600 bis 800 Meter in einer Weite zu überspannen [1]).

Die Ueberschreitung tiefer Thäler mit reissenden Gewässern u. s. w. ist oft nur durch Anwendung von Eisen oder Stahl möglich.

8) Massive Brücken erfordern starke Pfeiler (fast immer von Steinmaterial), welche ein beträchtliches Gewicht tragen müssen und selbst sehr schwer sind, woher

[1]) Vergl. „Die Brücken in Eisen", von Dr. F. Heinzerling. Leipzig. Spamer. 1870. pag. 2.

9) die Fundamentsohle des Pfeilers einen starken Druck pro Flächeneinheit erfährt, wesshalb die Fundirung sehr sicher hergestellt sein muss.

10) Beim etwaigen geringen Nachgeben der Fundirungen ist bei steinernen Brücken mehr Gefahr vorhanden als bei eisernen, wo dies bei Brücken mit nicht continuirlichen Trägern nicht schadet. Bei hohen eisernen Brücken werden zwar die Landpfeiler (als Futtermauern) oft ebenso stark als die Widerlager einer massiven Brücke, aber man braucht sie (vergleichsweise) weniger sorgfältig zu fundiren.

11) Massive Brücken bedürfen wegen der geringeren, zulässigen Oeffnungsweite mehr Pfeiler und Fundirungsarbeiten als eiserne, was bei ungünstigem Boden, tiefen Thälern, wo die Pfeiler sehr hoch werden, in die Waage fällt. Auch schränken mehrere Pfeiler das Flussprofil mehr ein. Ueber eine gewisse Höhe hinaus werden eiserne Brücken mit eisernen Pfeilern erheblich billiger und wächst die Ersparniss rasch mit der Höhe [1]).

12) Massive Brücken erfordern längere Bauzeit als eiserne Brücken. Durch ersteren Grund kann (obgleich man derartige Hauptbauwerke zuerst angreift) die Eröffnung einer ganzen Strassen- oder Bahnstrecke verzögert werden, was Zinsenverluste herbeiführt und die Eröffnung der Communication verzögert. Auch ist man bei der Herstellung einer eisernen Brücke von der Jahreszeit unabhängig.

13) Man kann eiserne Brücken häufig leichter erbreitern als massive. Wenn eine Ueberbrückung unter spitzem Winkel erfolgt, hat die Herstellung schiefer massiver Brücken zuweilen Schwierigkeiten, während bei eisernen Brücken die Construction dadurch nicht nennenswerth erschwert wird.

14) Eiserne Brücken (besonders schmiedeeiserne) lassen sich weit vom Verwendungsorte herstellen und fertig eingepackt weit transportiren (z. B. von England nach Indien) und können so hergestellt werden, dass gewöhnliche Handarbeiter sie aufstellen können. Sie eignen sich daher für uncultivirte Länder, deren Aufschliessung erst durch Anlage von Strassen und Eisenbahnen ermöglicht werden soll.

15) Eiserne Brücken lassen auch bei manchen Constructionen (Balkenbrücken, Hängebrücken) mehr Raum in der ganze Weite der Oeffnung als massive für die Schifffahrt. (Themse in London).

16) Endlich erfordern massive Brücken eine grössere Höhe der Strassen- oder Bahnkrone über Hochwasser, die in vielen Fällen nur durch Vermehrung der Erdarbeit resp. Verschlechterung der Gradienten geschaffen werden kann.

Die geringste Höhe bei einer massiven Brücke von z. B. 50 Fuss Weite und $^1/_{10}$ Pfeil berechnet sich wie folgt:

[1]) Vergl. „Ueber die Ermittelung des Eigengewichts und die am meisten ökonomische Weite bei schmiedeisernen Brücken, von v. Kaven." Zeitschrift des hann. Arch.- und Ingen.-Vereins. XV.

Höhe des 9″ starken Pflasters . . . . 0′ 9″
Als Minimum nur 3″ Sand im Scheitel des Gewölbes unter dem Pflaster. 0′ 3″
Abdeckung des Gewölbes mit 2 flachen Backsteinschichten oder einer Betonschicht, die mit $\frac{1}{2}$″ Asphaltschicht abgedeckt . . . . 0′ 6″
Gewölbdicke in Fussen für Quadergewölbe $d = \frac{3}{4}' + \frac{W}{12}(0{,}3 + 0{,}04\,n)$, wo W = 50 und n als Nenner des Bruchs, der das Pfeilverhältniss ausdrückt, = 10 . . . . 3′ 8″
Pfeilhöhe $\frac{W}{n} = \frac{50}{10}$ . . . . 5′

Summa Höhe bis zum Kämpfer . . 10′ 2″,

welches, wenn der Kämpfer auf Hochwasser liegt, also die geringste Höhe der Oberkante Bordstein über Hochwasser ist.

Die Pfeilhöhe bei kleineren massiven Brücken pflegt man nicht geringer als $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{8}$ der Weite zu nehmen, indessen ist bekanntlich das Maass des Radius einer gewölbten Brücke entscheidend, da man sich eine flache Brücke zu einer Halbkreisbrücke vom Radius, welcher dem Flachbogen zugehört, ergänzt denken kann.

Bei grossen, massiven Eisenbahnbrücken ist der grösste, in Deutschland angewandte Radius bis an 100 Fuss, nämlich bei der Neckarbrücke zu Ladenburg Weite 89 Fuss, $\frac{1}{7}$ Pfeil, 96 Fuss Radius.

Folgende sind noch Brücken von grossem Radius, alles in hannov. Fuss:

	Weite.	Pfeil.	Grösster Radius.		Gewölbdicke im Scheitel.
Alma-Brücke in Paris	147,06	29,41	183,83	Ellipse	5,13
Brücke zu Pontoise, von Perronet	109,10	7,43	172,80	Stichbogen	5,55
Brücke zu Neuilly über die Seine, von Perronet	133,45	33,38	166,83	Korbbogen	5,55
Concordia-Brücke zu Paris . . .	107,80	10,24	154,50	Stichbogen	3,87
Grosvenor-Brücke über den Dee bei Chester	208,84	41,77	151,12	Stichbogen	4,18
Brücke über die Dora-Riparia bei Turin	153,37	18,83	160,05	Stichbogen	5,10
Maidenhead-Brücke (Great Western Bahn)	133,57	25,39	169,00	Ellipse	5,25
Brücke zu Vieille Brioude über den Allier	185,56	71,90	95,96	Stichbogen	4,15

Eine sehr ausführliche Tabelle über Dimensionen von 275 Aquäducten, Viaducten und Brücken findet sich in dem Werke von Tony Fontenay: Construction des Viaducts etc. Paris 1852, deutsch von Hertel.

Bei eisernen Brücken bedarf man viel geringerer Höhe, z. B. wenn, wie dies bei geringer Höhe stets der Fall, zwischen den Trägern gefahren wird:

Höhe der Längsträger	1′ 0″
Dicke der Bohlen	0′ 4″
Steinschlag in der Mitte	0′ 10″
Höhe über Hochwasser	2′ 0″
	4′ 2″,

also 6 Fuss weniger.

2) Vergleichung von Constructionen aus verschiedenem Material.

Zur Vergleichung des ökonomischen Werthes zweier Constructionen von verschiedenen Materialien, deren Anlagekosten, Dauer und Reparaturkosten verschieden, muss man letztere capitalisiren und den Betrag zum Anlagecapital schlagen, d. h. eine Summe aufsuchen, welche man von Anbeginn des Baues an theils ausgeben, theils verzinslich hinlegen muss, um jede Construction herzustellen und für ewige Zeiten repariren und nach Ablauf der Dauerzeit wieder erneuern zu können.

Seien desshalb A das Anlagecapital, U die jährlichen Unterhaltungs- und Reparaturkosten, welche bei einem Zinsfusse von a Procent einem Capital $\frac{100\,U}{a}$ entsprechen. Ist nach n Jahren ein Neubau vorzunehmen, welcher W kostet, so muss man noch ein Capital K auf Zinseszins legen, welches nach n Jahren zu K + W sich angesammelt hat, so dass W ausgegeben werden kann und K immer zinstragend vorhanden bleibt. Ein Capital K ist nach n Jahren bei a Procent $W_1 = \left(1 + \frac{a}{100}\right)^n K$ geworden, also hier

$$W_1 = K + W = \left(1 + \frac{a}{100}\right)^n K$$

und hieraus

$$K = \frac{W}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^n - 1}.$$

Das ganze Anlagecapital, welches die Kosten der Construction repräsentirt, ist also

$$T = A + \frac{100\,U}{a} + \frac{W}{\left(1 + \frac{a}{100}\right)^n - 1},$$

welches Capital mit dem ebenso ermittelten einer anderen Construction verglichen werden muss.

Da nun verschiedene Theile einer Brücke verschiedene Zeit dauern (Fundamente am längsten, Pfeiler, Holzoberbau, Bebohlung, Geländer etc. verschieden), so muss man jeden Theil für sich behandeln und das Ganze addiren, so dass also A, A_1, A_2 ... die Anlagekosten der einzelnen Theile, welche U, U_1, U_2 etc. Unterhaltung erfordern und n, n_1, n_2 ... Jahre dauern, in einem solchen Falle bedeuten.

Derartige Berechnungen können stets nur annähernd sein, da die Kosten für Reparaturen nach den Umständen schwanken und ebenso die Zeit, wann ein Neubau vorzunehmen (also die Dauer), nur ungefähr angegeben werden kann. Ausserdem kommen die raschere Herstellung einer Construction, die oft schwierige Beschaffung eines grösseren Anlagecapitals (obgleich das totale Capital der concurrirenden, bei der Anlage mehr kostenden Construction niedriger sein kann), in Frage, wie auch (besonders bei Eisenbahnen) die Störungen des Betriebes bei einem Neubau, welcher auf gewisse Zeit der Herstellung Einstellung des Verkehrs erfordern kann.

Man kann auch umgekehrt Alles auf jährliche Ausgaben reduciren.

3) Vorarbeiten und Bearbeitung des Projects.

Die Arbeiten für ein grösseres Brückenproject sind sehr umfassender Art und finden sich im Folgenden angegeben. Bei kleineren Brücken können viele dieser Arbeiten wegfallen oder man macht für die Brücken einer Abtheilung gemeinschaftliche Nachweise.

1) Allgemeiner Vorbericht über die Brücke, Lage der Baustelle, Höhe der Strasse oder Bahn. Gefälle, Wassermenge, Durchflussweite, Vertheilung derselben, Geschwindigkeit, Beschaffenheit des Flussbettes, Fundamentirung, Construction der Brücke selbst. Wahl derselben je nach dem Material. Zubehörungen: Eisbrecher, Uferbefestigungen, Steinschüttungen u. s. w.

2) Untersuchungen des Bodens, Bohrprotocolle und Darstellung durch Zeichnung, nebst Angabe der höchsten, mittleren, niedrigsten und der Grundwasserstände, Vermuthungen über die Grösse und Richtung des Wasserzudranges beim Fundiren.

3) Situationszeichnung der gesammten Anlage, der Lage der Brücke, etwaiger Umleitungen, Lagerstellen für Baumaterialien, der Schoppen für Mörtelmaterial und Bereitung desselben, der Kalkgruben und Mauersand-Ablagerungsplätze, der Bauhütte für die Verwaltung, der Schmiede, Tischlerei und der Magazine, des Dampfmaschinenhauses (für Mörtelbereitung und Betrieb der Wasserschöpfmaschine). Situation der Zufuhrwege, Anlegeplätze und event. Gleise, um das Material zu den Lagerplätzen und von diesen nach der Brücke zu schaffen u. s. w.

4) Specielle Zeichnungen der Brücke in verschiedenen Projectionen (Ansicht, Grundriss und verschiedene Durchschnitte) nebst Nachweis der Dimensionen

durch Berechnungen unter Anführung ähnlicher ausgeführten Beispiele. Erläuterung, Motivirung und Zeichnung der Fundirungen. Werkzeichnungen, von denen eine grössere Zahl zweckmässig erst während des Fortschreitens des Baues angefertigt werden kann.

5) Zeichnungen und Anschläge über die zur Herstellung der Baugrube nöthigen Vorkehrungen, z. B. der Fangdämme, Vorrichtungen zum Versenken von Beton, zum Ausschöpfen der Baugrube etc.

6) Zeichnung der neben der Brücke an einer oder beiden Seiten anzulegenden Interims- oder Transportbrücke mit den nöthigen Gleisen, der beweglichen Krahngerüste zum Versetzen der Quader etc.

7) Specialzeichnungen der in der Situation angegebenen verschiedenen Gebäude und Vorrichtungen.

8) Zeichnungen von Constructionen, um die Zugänglichkeit zum Brückenbauplatz zu vermitteln.

9) Zeichnungen der Baugerüste, der Lehrgerüste zu grossen Bögen, Bögen in den Widerlagercapellen etc.

10) Kostenüberschläge und specielle Anschläge (letztere nach Feststellung des Projects) der Brücke für die Bauausführung, mit den erforderlichen Nachweisen in der Vorbemerkung, mittelst welcher Verfügung verschiedene Details von der vorgesetzten Behörde genehmigt wurden, und Angaben der Bezugsquellen des Materials.

11) Specielle Kostenanschläge der bisher erwähnten Baulichkeiten, Maschinen-Anlagen und sonstigen Vorrichtungen.

12) Verzeichniss und Anschläge der zum Brückenbau nöthigen Geräthe, unter namentlicher Angabe derselben.

13) Anschlag über den Werth der verwandten Geräthe, Maschinen, Rüstungen etc. nach Vollendung des Baues der Brücke.

14) Allgemeiner Bauplan über die Art des Angriffs der Arbeit, Vertheilung derselben auf verschiedene jährliche Perioden, je nach der vorgeschriebenen Vollendungsfrist. Zeit der Anlieferung der Materialien und Disposition über die Flüssigmachung der vorhandenen Geldmittel.

15) Contracte nach Maassgabe der Anschläge und nach dem vorgenommenen Bauplan werden mit dem Fortschreiten des Baues früh genug aufgestellt, damit nicht durch kurzgesetzte Lieferungsfristen höhere Forderungen entstehen.

Passende Maassstäbe sind für Brücken unter 120 Fuss Weite 1 : 100 oder wie in Preussen vorgeschrieben 1 : 120, bei grösseren Brücken ein kleinerer Maassstab. Die Details in grösserem Maassstabe, der ein rundes Verhältniss zur wirklichen Grösse hat.

4) Erforderliche Daten beim Entwerfen einer Brücke.

Beim Entwerfen eines Projects muss also das Folgende gegeben sein:

1) Die Gesammtweite und Anzahl der Oeffnungen aus hydrotechnischen Rücksichten (vergl. Bestimmung der Brückenweiten).

2) Die verschiedenen Wasserstände, besonders Höhe des Hochwassers.

3) Die Tiefe des Wassers, Profil des Bettes, die Untersuchungen des Baugrundes (wegen Fundirung).

4) Die Höhe der Strasse oder Bahn, bedingt durch das Hochwasser, oder die zweckmässige Ausgleichung der Erdarbeiten.

5) Die Breite des überzuführenden Weges resp. die Breite der Brücke zwischen den Geländern. (In einigen Staaten, Frankreich und Schweiz, für Wege gewisser Classen vorgeschrieben, in anderen durch jedesmalige Erwägungen bestimmt. Vergl. Construction der Wegebrücken, Brückthore und Rampen-Canäle von v. Kaven. Hannover, Schmorl & v. Seefeld.)

Hierzu kommen die Forderungen:

6) dass die Kämpfer bei massiven, oder die Unterkante der Träger bei eisernen Brücken, oder die am weitesten hinabreichenden Hölzer bei hölzernen Brücken 1 bis 2 Fuss über Hochwasser liegen sollen und

7) diejenigen Maasse, welche bei massiven Brücken feststehen, Minimalstärke der Besteinung oder des Pflasters über dem Gewölbe, Abdeckung und Gewölbstärke, wonach der Pfeil übrig bleibt, oder bei eisernen Brücken die erforderliche Höhe von $^1/_8$ bis $^1/_{12}$ der Lichtweite.

XII.

Empirische Formeln
über
Dimensionen von Gewölben und Widerlagern.

I. Gewölbstärken.

Wegen des verschiedenen Materials und der verschiedenen Ausführung dieser Constructionen ist es nicht ohne Gefahr, praktische Regeln für deren Dimensionen zu geben und es ist kaum möglich diese in einfacher Form für grosse und kleine Brücken gleich zutreffend zu machen. Bei grossen Constructionen muss man die gefundenen Maasse noch durch eine Stabilitätsberechnung controliren, event. modificiren. Indessen geben die nachstehenden Formeln erfahrungsmässig genügende Stärken. Die Formel für Gewölbe stützt sich auf die Voraussetzung, dass der Druck pro □Zoll eines Gewölbes um so grösser

sein darf, je stärker dasselbe ist[1]) und der durch das Eigengewicht verursachte, mittlere Druck wird bei den danach berechneten Quadergewölben, wenn solche $2^1/_2$ bis 3 Fuss über dem Scheitel der Extrados Ueberschüttung haben, annähernd gefunden in Pfunden pro □ Zoll, im Scheitel, wenn man die Scheitelstärke in Fussen mit 20 multiplicirt. Also ein 2 Fuss starkes Quadergewölbe hat eine durchschnittliche Pressung in der Scheitelfuge von 40 Pfund pro □ Zoll, wobei die mobile Last also nicht berücksichtigt ist. Bei Gewölben mit höherer Ueberschüttung ändert sich selbstredend die Inanspruchnahme.

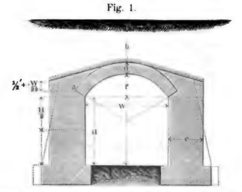
1) Für Eisenbahnbrücken wie Chausseebrücken, wenn deren Gewölbe von Quadern mittlerer Festigkeit, welche also eine Bruchfestigkeit von 3500 bis 4000 Pfund pro □ Zoll und darüber haben, hergestellt sind und bei Ueberschüttungen bis zu 5 Fuss über dem Scheitel der Extrados gilt die Formel für hannov. Fussmaass (genau genug auch für jedes Fussmaass)

$$1)\quad d = {}^3/_4 \text{ Fuss} + \frac{W}{12}(0{,}3 + 0{,}01\, n)$$

und für Meter

$$2)\quad d = 0{,}22 \text{ Meter} + \frac{W}{12}(0{,}3 + 0{,}04\, n),$$

Fig. 1.



worin bezeichnen (Fig. 1) d die Gewölbstärke im Scheitel des Quadergewölbes, W die Spannweite, und wenn f die Höhe im Lichten (von der Kämpferfuge bis zum Scheitel der Intrados oder inneren Gewölblinie) oder den Pfeil bedeutet, so ist $n = \frac{W}{f}$ das Verhältniss der Weite zum Pfeil. Für Halbkreisgewölbe wird also

$$d = {}^3/_4 + \frac{0{,}38\, W}{12}$$
$$= {}^3/_4 + 0{,}0317\, W.$$

[1]) Vergl. Scheffler, Theorie der Gewölbe, Futtermauern und eisernen Brücken. 1857. pag. 81 etc.

Diese Formel setzt Kreisbogengewölbe voraus, kann aber auch genügend zutreffend für Korbbögen und ähnliche Formen gebraucht werden. Bei grösseren Bögen von etwa 40 Fuss Weite an, muss man eine nach den Kämpfern hin in Absätzen zu nehmende Verstärkung des Gewölbes eintreten lassen, damit der Druck in der Bruchfuge, welche genau genug bei Halbkreis bis 120 Grad Centriwinkel-Gewölben sich 60 Grad vom Scheitel befindet, bei flacheren die Kämpferfuge ist, nicht über das $\frac{20-d}{10}$fache des Drucks im Scheitel betrage.

2) Bei Ueberschüttungen von der Höhe h bis zu 50 Fuss über dem Scheitel der Extrados und für eine lichte Weite des Gewölbes bis zu 30 Fuss gilt für **Eisenbahnbrücken** die empirische Formel:

$$3)\quad d_h = d\sqrt{1+\frac{h}{16}}.$$

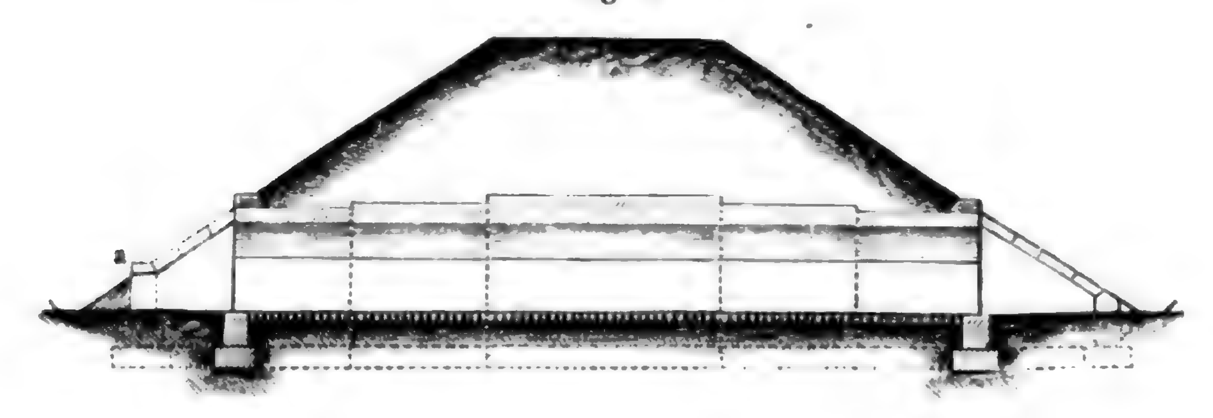
Für **Chausseebrücken** genügt:

$$d_h = d\sqrt{1+\frac{h}{25}}.$$

Bei nach diesen Formeln berechneten Gewölben mit Ueberschüttung kann die Stärke bis zum Kämpfer dieselbe bleiben. Der besseren Ueberführung halber in das Widerlager wird man indessen oft eine Verstärkung zweckmässig anbringen. Diese Formeln sind noch brauchbar für Ueberschüttungen bis 100 Fuss.

Unter den Dossirungen der Dämme wird, weil h sich verringert, das Gewölbe in Absätzen schwächer gemacht (Fig. 2), wobei man also in die obige Formel $h_1, h_2 \ldots$ einführt, und am Haupte die Stärke d für Gewölbe ohne Ueberschüttung mindestens beibehält.

Fig. 2.



Für Metermaass hat man

$$4)\quad d_h = d\sqrt{1+\frac{h}{4{,}67}}\ \text{resp.}\ d_h = d\sqrt{1+\frac{h}{7{,}3}}\ \text{Meter.}$$

3) Hat man die Gewölbstärke für Quadergewölbe gefunden, so wird für die Ausführung mit sehr festen Backsteinen (Klinkern) die Gewölbstärke b aus der ersteren abgeleitet, indem man setzt

$$5)\quad b = d\left(1 + \frac{3-d}{6}\right) \text{ Fuss}$$

und wenn Ueberschüttungen vorkommen, ist statt d d_h zu setzen, um b_h zu erhalten. Nach dieser Formel brauchen, weil das zweite Glied in der Klammer für d = 3 Null wird, niemals aber negativ werden kann, Klinkergewölbe von 3 Fuss und darüber nicht stärker als Quadergewölbe zu sein. Für Metermaass ist

$$6)\quad b = d\left(1 + \frac{3 - 3{,}424\ d}{6}\right) \text{ Meter.}$$

Bei Verwendung gut gebrannter Backsteine, welche nicht ganz so fest wie Klinker sind, ist die Gewölbstärke etwas zu vermehren, und ist desshalb in die Formel statt $\frac{3-d}{6}$ etwa $\frac{4-d}{6}$ zu setzen.

Bei grösseren Backsteingewölben kann man ebenfalls eine Vermehrung der Stärke nach dem Kämpfer hin eintreten lassen.

Beispiele. Für ein Halbkreisgewölbe von 18 Fuss hannov. = $5^m{,}2578$ Weite ist die Gewölbstärke:

für Quader:

$$d = {}^3/_4 + \frac{18}{12}(0{,}3 + 0{,}08) = 1{,}32 \text{ Fuss,}$$

$$d = 0{,}22 + \frac{5{,}2578}{12}(0{,}3 + 0{,}08) = 0{,}386 \text{ Meter,}$$

für Klinker:

$$b = 1{,}32\left(1 + \frac{3 - 1{,}32}{6}\right) = 1{,}69 \text{ Fuss,}$$

$$b = 0{,}386\left(1 + \frac{3 - 3{,}424\ .\ 0{,}386}{3}\right) = 0{,}494 \text{ Meter,}$$

für Backsteine:

$$b = 1{,}32\left(1 + \frac{4 - 1{,}32}{6}\right) = 1{,}92 \text{ Fuss,}$$

$$b = 0{,}386\left(1 + \frac{4 - 3{,}424\ .\ 0{,}386}{6}\right) = 0{,}5584 \text{ Meter.}$$

Bei einer Ueberschüttung von 30 Fuss = 8,763 Meter = h wird die Gewölbstärke für Eisenbahnbrücken:

für Quader:

$$d_h = 1{,}32\sqrt{\left(1 + \frac{30}{16}\right)} = 2{,}237 \text{ Fuss,}$$

$$d_h = 0{,}386\sqrt{\left(1 + \frac{8{,}763}{4{,}67}\right)} = 0{,}654 \text{ Meter,}$$

für Klinker:

$$b_h = 2{,}237\left(1 + \frac{3 - 2{,}237}{6}\right) = 2{,}654 \text{ Fuss,}$$

$$b_h = 0{,}654\left(1 + \frac{3 - 3{,}424\ .\ 0{,}654}{6}\right) = 0{,}737 \text{ Meter,}$$

für Backstein:

$$b_h = 2{,}237\left(1 + \frac{4 - 2{,}237}{6}\right) = 2{,}895 \text{ Fuss},$$

$$b_h = 0{,}654\left(1 + \frac{4 - 3{,}124 \,.\, 0{,}654}{6}\right) = 0{,}816 \text{ Meter.}$$

Für Chausseebrücken erhält man $d_h = 1{,}958$ Fuss u. s. w.

4) Für die Stärke von Bruchsteingewölben lassen sich noch weniger allgemeine Regeln geben, da die Art der Bearbeitung, wodurch sie mehr oder weniger quaderartig gemacht sind, ihre Festigkeit, ihre Lagerhaftigkeit etc. wesentlich für die Stärke des Gewölbes sind. Im Allgemeinen wird ihre Stärke zwischen derjenigen der Quader- und Ziegelgewölbe zu nehmen sein, dagegen Gewölbe aus rohen (stets aber lagerhaften) Bruchsteinen werden etwa so stark wie Ziegelgewölbe, bei geringer Ausführung selbst noch stärker herzustellen sein.

In Frankreich hat man Gewölbe aus rohen Bruchsteinen in Cement hergestellt, bei welchen nur eine gewisse Dicke von der inneren Leibung gemessen von bearbeiteten Bruchsteinen ist, welches Verfahren indessen allgemein nicht zu empfehlen sein dürfte, und auch dort nur bei Brücken angewendet wurde, wo die Herstellung der Gewölbe beschleunigt werden sollte, z. B. bei der Almabrücke, Austerlitzbrücke, Invalidenbrücke etc. [1]).

II. Widerlagerstärken [2]).

Unter den (in der Note) angegebenen Bezeichnungen hat man für Gewölbe mit Ueberschüttungen bis zu 5 Fuss über den Extrados die empirische Formel:

---

[1]) Vergl. Darcel, Annales des ponts et chaussées. 3. Sér. 2. Cah. 1855, oder Civil-Ingenieur von Zenner, 1857. Heft 7. Notiz über Brücken aus rohem Stein mit Cement.

[2]) Ableitung empirischer Formeln für die Widerlagerstärke. Die Berechnung der Stärke der Widerlager kann entweder mittelst Hülfe der Theorie in jedem einzelnen Falle geschehen, wobei man gewisse Voraussetzungen über Stabilitäts-Coefficienten machen muss, oder man kann ausgeführte Bauwerke, deren Dimensionen genügt haben, zusammenstellen und auf empirische Weise eine Formel herstellen, deren Coefficienten so bestimmt werden, dass sie die Werthe der zu Grunde gelegten Bauwerke möglichst annähernd angeben. Die Formel ist dann innerhalb der Grenzen, zwischen welchen die Ermittelung der Coefficienten stattgefunden hat, brauchbar. Um ein Beispiel einer in der letzten Weise ermittelten Formel zu geben bezeichnen:

e die Widerlagerstärke, W die Weite des Gewölbes, f die Pfeilhöhe, d die Gewölbstärke für Quader, H die Höhe des Widerlagers bis zum ersten Fundamentabsatze, so kann man nach dem Vorgange von Lesguilliers, welcher eine in Frankreich für Eisenbahnbrücken gebräuchliche Formel angiebt, eine Form aufstellen

$$e = \left\{\alpha + \beta\left(\frac{W}{f + \frac{d}{2}}\right) + \gamma\, H\right\}\sqrt{W}$$

in welcher α β und γ noch zu ermittelnde numerische Coefficienten sind.

$$7)\quad e = \left\{0{,}78 + 0{,}16\left(\frac{W}{f + \frac{d}{2}}\right) + 0{,}024\,H\right\}\sqrt{W}\ \text{Fuss.}$$

$$8)\quad e = \left\{0{,}42 + 0{,}0851\left(\frac{W}{f + \frac{d}{2}}\right) + 0{,}044\,H\right\}\sqrt{W}\ \text{Meter.}$$

Für Gewölbe mit mehr als 5 Fuss Ueberschüttung und bis zu 30 Fuss Spannweite wird in die obige Formel statt d also d_h zu setzen sein (einerlei, ob das Gewölbe von Backstein oder Quadern) und die so gefundene Widerlagerstärke wird noch vermehrt um

$$7^h)\quad \frac{H + f + d_h}{100}\sqrt{h}\ \text{Fuss,}$$

Man hat also die Function

$$\frac{e}{\sqrt{W}} = \left\{\alpha + \beta\left(\frac{W}{f + \frac{d}{2}}\right) + \gamma\,H\right\} \quad \text{oder auch}$$

$$y = \{\alpha u + \beta v + \gamma w\}$$

worin y, u, v und w nach ausgeführten Brücken tabellarisch zusammengestellt werden können.

Zur Bestimmung der Coefficienten hat man (Weisbach, „Der Ingenieur". 3. Aufl., pag. 78), wenn man berücksichtigt, dass hier $u = 1$ ist, die Gleichungen

$$\Sigma\,(u^2)\,\alpha + \Sigma\,(v)\,\beta + \Sigma\,(w)\,\gamma = \Sigma\,(y)$$
$$\Sigma\,(v)\,\alpha + \Sigma\,(v^2)\,\beta + \Sigma\,(v\,w)\,\gamma = \Sigma\,(v\,y)$$
$$\Sigma\,(w)\,\alpha + \Sigma\,(v\,w)\,\beta + \Sigma\,(w^2)\,\gamma = \Sigma\,(w\,y).$$

Es sind nun im Ganzen die Dimensionen von 69 ausgeführten Brücken verschiedener Weiten, Pfeilhöhen und Widerlagerhöhen von 4 bis 80 Fuss Weite tabellarisch zusammengestellt worden und man hat folgende Werthe ermittelt für Fussmaass:

$\Sigma\,(u) = 69$; $\Sigma\,(w) = 1035$; $\Sigma\,(v) = 273$; $\Sigma\,(v^2) = 1288$; $\Sigma\,(v\,w) = 4207$; $\Sigma\,(w^2) = 19875$; $\Sigma\,(v\,y) = 512$; $\Sigma\,(y) = 121$; $\Sigma\,(w\,y) = 1938$.

Man erhält daher folgende 3 Gleichungen zur Bestimmung der drei Unbekannten α, β und γ:

$$1)\quad 69\,\alpha + 273\,\beta + 1035\,\gamma = 121$$
$$2)\quad 273\,\alpha + 1288\,\beta + 4207\,\gamma = 512$$
$$3)\quad 1035\,\alpha + 4207\,\beta + 19875\,\gamma = 1938,$$

deren Auflösung ergiebt:

$$\gamma = 0{,}0238;\ \beta = 0{,}157229 \text{ und } \alpha = 0{,}775.$$

Es wird daher, wenn man die Zahlen etwas abrundet:

$$e = \left\{0{,}78 + 0{,}16\left(\frac{W}{f + \frac{d}{2}}\right) + 0{,}024\,H\right\}\sqrt{W}$$

für Fussmaass, und

$$e = \left\{0{,}42 + 0{,}0854\left(\frac{W}{f + \frac{d}{2}}\right) + 0{,}044\,H\right\}\sqrt{W}$$

für Metermaass.

oder $$8^{h})\quad \frac{H + f + d_h}{54}\sqrt{h}\ \text{Meter}.$$

Beispiele. Für das vorhin berechnete Halbkreisgewölbe von 18 Fuss Weite ist die Widerlagerstärke bei 10 Fuss Höhe des Widerlagers = H = 2,92 Meter.

$$e = \left\{0{,}78 + 0{,}16\left(\frac{18}{9 + 0{,}66}\right) + 0{,}24\right\} 4{,}213 = 5{,}592 \text{ Fuss},$$

$$e = \left\{0{,}42 + 0{,}0854\left(\frac{5{,}2578}{2{,}6289 + 0{,}193}\right) + 0{,}1285\right\} 2{,}293 = 1{,}623 \text{ Meter}$$

und bei einer Ueberschüttung von 30 Fuss wird die Widerlagerstärke für Fussmaass:

$$e = \left\{0{,}78 + 0{,}16\left(\frac{18}{9 + 1{,}118}\right) + 0{,}24\right\} 4{,}243 + \frac{21{,}237 \,.\, 5{,}477}{100} = 5{,}536 + 1{,}163 = 6{,}699 \text{ Fuss},$$

$$e = \left\{0{,}42 + 0{,}0854\left(\frac{5{,}2578}{2{,}6289 + 0{,}327}\right) + 0{,}1285\right\} 2{,}293 + \frac{6{,}20 \,.\, 2{,}96}{54} = 1{,}606 + 0{,}34 = 1{,}946 \text{ Meter}.$$

Für Chausseebrücken wird man die berechnete Stärke e um bis zu 10 Proc. schwächer nehmen können.

In ähnlicher Weise wie das Gewölbe wird das Widerlager unter den Dossirungen des Dammes in Absätzen, nach der sich vermindernden Höhe berechnet, entsprechend schwächer gemacht (Fig. 2).

Eisenbahnbrücken für 2 Gleise haben gewöhnlich eine Breite von 28—30 Fuss aussen zwischen den Häuptern; wird also eine Chausseebrücke schmäler oder hat man eine Eisenbahnbrücke für 1 Gleis, so kann, da dann die Stabilität der Flügel die des Widerlagers im höheren Maasse vermehrt, die Widerlagerstärke etwas schwächer genommen werden, am meisten dann, wenn die Flügel parallel der Flucht der Häupter sind. Bei grossen Brücken, wo in den Widerlagern hohle Räume, Capellen etc. sind, wird man die Stärke der vorderen Widerlagermauer noch mehr verringern können. Hier kommt es viel auf das Material an und man muss gute, ausgeführte Beispiele studiren.

Bei Widerlagern, die bei Hochwasser tief eintauchen, wodurch ihr Gewicht, also auch ihre Stabilität verringert wird, wird man der gefundenen Stärke e etwas zusetzen, z. B. $^1/_{10}$ e, wie man ebenfalls, da die Formel für Bruchstein oder Backsteinmauerwerk mittlerer Qualität gilt, die Art der Ausführung des Mauerwerks berücksichtigen muss und bei sehr gutem Mauerwerk (und gutem Mörtel) die Dimensionen etwas verringern darf.

Uebrigens soll die Widerlagerstärke bei den Gewölben (ohne hohe Ueberschüttung) nicht unter etwa 0,25 der Höhe vom ersten Fundamentabsatz bis zum Scheitel der Extrados sein, so stark wie etwa eine Futtermauer sein müsste, wenn man zur Sicherheit den Horizontalschub des Gewölbes, welcher dem Erddruck entgegenwirkt, nicht rechnet, wesshalb, wenn die Formel für e geringere Werthe ergeben sollte, der obige zu nehmen ist.

Einige englische Constructeure machen die Widerlager erheblich schwächer, als es in Deutschland Gebrauch ist und wenden bei ihnen wie bei den Flügeln

Strebepfeiler an, welche Construction gutes Material und gute Arbeit voraussetzt. Dabei scheinen sie darauf zu rechnen, dass der Erddruck die Stabilität des Widerlagers vermehren helfe, welches die obigen Formeln der Sicherheit halber nicht berücksichtigen [1].

III. Allgemeine Bemerkungen.

Alle Gewölbe, deren Stärke nach den obigen Formeln bestimmt ist (wenigstens von 15 Fuss Weite und darüber), sind vor dem Ausrüsten zu hintermauern, die Halbkreisbögen wenigstens bis zur Bruchfuge, welche bei 60 Grad vom Scheitel angenommen werden kann. Die Hintermauerung soll wenigstens an der Hinterfläche der Widerlager um $^1/_2$ Fuss + $^1/_{30}$ W über der Horizontalen durch den Schnittpunkt a der Bruchfuge mit den Extrados beginnen und tangential daran verlaufen (Fig. 1). Sie fällt vom Scheitel des Gewölbes nach dem Widerlager hin ab und erhält in der Regel nicht unter $^1/_6$ Neigung. Um die Stabilität des Widerlagers zu erhöhen, ohne mehr Material zu brauchen, empfiehlt es sich, der hinteren Fläche derselben eine Böschung zu geben (Fig. 1 punktirt), besonders dann, wenn wegen der Bodenbeschaffenheit eine breite Basis erwünscht ist, doch ist bei Brücken ohne hohe Ueberschüttung nicht unter eine Widerlagsstärke am Kämpfer von $2^1/_2$ bis 3 Mal der für Quader berechneten Gewölbstärke im Scheitel, zu gehen. Bei flachen Gewölben (von etwa $^1/_8$ Pfeilverhältniss an) empfiehlt es sich, stets genügend hohe Kämpferquader anzuordnen, um ein Gleiten auf dem Widerlager zu verhindern, oder doch dem Mauerwerk einen solchen Verband der Höhe nach zu geben, dass kein Gleiten in den oberen Schichten des Widerlagers vorkommen könne. Die Flügel der Brücken werden wie Futtermauern behandelt und berechnet, wobei man auf den Erddruck etwa davor geschütteter Erdkegel (wie es z. B. bei Parallelflügeln vorkommt) nicht rechnen darf. Ihre Stärke, welche etwa $^1/_3$ der Höhe der Dossirung gerechnet wird, nimmt also von der Dammkrone bis unten ab und behält unten je nach der Grösse der Brücke und dem verfügbaren Material eine Dimension von 2 bis 3 Fuss, wobei eine Plattenabdeckung von $1^1/_2$ bis $2^1/_2$ Fuss Breite mit 4 bis 6zölligen Platten angebracht werden kann, wenn die Flügel nicht mit Quadern verblendet sind, welche zugleich in den oberen Schichten als Abdeckung gearbeitet werden, mit Stossfugen normal zur Neigung der Dossirung. Die Wider-

---

[1]) Vergl. W. D. Haskoll, Exemples of bridge and viaduct construction of masonry, timber and iron etc. London, 1864. A.

J. Hann, Moseley and Hughes. The theory, practice and architecture of bridges. London, 1843. A.

Brees, railway practice. London, 1847. A.

G. Meyer, über englische Eisenbahnbrücken. Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins. 1862. A.

lagsmauern der Brücken pflegt man in der Vorderfläche meistens vertikal zu machen, ebenso die Flügelmauern kleinerer Brücken. Bei grösseren Brücken pflegt man die Flügel und Widerlager des besseren Aussehens wegen zu böschen oder erstere concav zu machen. Die Verbindung der Flügel mit dem Widerlager muss sorgfältig und in gutem Verbande geschehen, da an dieser Stelle (besonders bei Parallelflügeln) am ehesten eine Trennung zu erfolgen pflegt. Es ist nicht mehr gebräuchlich, kleine und der Achse des Dammes parallele Futtermauern am Fuss der Flügel anzulegen, welche mit einem $^1/_4$ Kegel beschüttet werden und wobei man an Länge des Flügels spart (Fig. 2 bei a), weil diese Mauern beim Setzen der Dossirungen sich vom Flügel zu trennen pflegen, wofern sie nicht übermässig stark gemacht werden.

IV. Tabelle

der Gewölbstärken d für Quader und der Widerlagerstärken e nach den Formeln für Fussmass.

W = Weite.	Pfeilverhältniss	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_4$	$^1/_5$	$^1/_6$	$^1/_7$	$^1/_8$
4	d	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	0,96
	f	2,00	1,33	1,00	0,80	0,67	0,56	0,50
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,639	2,256	2,759	3,175	3,524	3,884	4,082
		e	e	e	e	e	e	e
	H = 2	2,18	2,378	2,540	2,672	2,782	2,898	2,962
	3	2,228	2,426	2,588	2,720	2,820	2,946	3,010
	4	2,276	2,474	2,636	2,768	2,878	2,984	3,058
	5	2,324	2,520	2,684	2,816	2,926	3,042	3,106
	6	2,372	2,570	2,732	2,864	2,974	3,090	3,154
6	d	0,94	0,96	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06
	f	3,00	2,00	1,50	1,20	1,00	0,86	0,75
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,729	2,419	3,015	3,529	3,973	4,307	4,688
	H = 2	2,707	2,977	3,209	3,413	3,586	3,717	3,866
	3	2,766	3,036	3,263	3,472	3,646	3,775	3,925
	4	2,825	3,094	3,327	3,530	3,704	3,824	3,984
	5	2,884	3,153	3,381	3,589	3,763	3,893	4,042
	6	2,942	3,212	3,445	3,648	3,822	3,952	4,101
	8	3,060	3,329	3,562	3,766	3,940	4,069	4,219
8	d	1,00	1,03	1,06	1,08	1,11	1,14	1,17
	f	4,00	2,66	2,00	1,60	1,33	1,14	1,00
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,778	2,520	3,162	3,738	4,244	4,678	5,047
	H = 3	3,215	3,552	3,843	4,103	4,333	4,528	4,698
	4	3,283	3,619	3,911	4,171	4,401	4,596	4,766
	5	3,351	3,687	3,979	4,239	4,469	4,664	4,834
	6	3,419	3,755	4,047	4,307	4,537	4,732	4,902
	8	3,554	3,891	4,183	4,443	4,673	4,868	5,038
	10	3,690	4,027	4,319	4,579	4,808	5,003	5,173
9	d	1,04	1,07	1,10	1,13	1,16	1,19	1,22
	f	4,50	3,00	2,25	1,80	1,50	1,285	1,125
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,793	2,546	3,214	3,805	4,327	4,787	5,186
	H = 4	3,489	3,849	4,170	4,455	4,704	4,926	5,115
	5	3,561	3,921	4,242	4,527	4,776	4,998	5,187
	6	3,633	3,993	4,314	4,599	4,848	5,070	5,259
	8	3,777	4,137	4,458	4,743	4,992	5,214	5,303
	10	3,921	4,281	4,602	4,887	5,136	5,358	5,547
	12	4,065	4,425	4,746	5,031	5,280	5,502	5,691

W.	Pfeil-verhältniss	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
12	d	1,13	1,17	1,21	1,25	1,29	1,33	1,37
	f	6,00	4,00	3,00	2,40	2,00	1,714	1,50
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,828	2,617	3,329	3,067	4,537	5,044	5,492
	H = 4	4,041	4,481	4,875	5,228	5,532	5,823	6,072
	5	4,124	4,564	4,958	5,311	5,615	5,906	6,155
	6	4,207	4,647	5,041	5,394	5,698	5,989	6,238
	8	4,373	4,813	5,207	5,560	5,864	6,155	6,404
	10	4,539	4,979	5,373	5,726	6,030	6,321	6,570
	12	4,706	5,145	5,539	5,892	6,197	6,487	6,737
16	d	1,26	1,31	1,36	1,42	1,47	1,52	1,58
	f	8,00	5,33	4,00	3,20	2,67	2,28	2,00
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,854	2,674	3,419	4,092	4,70	5,263	5,735
	H = 4	4,692	5,216	5,692	6,124	6,512	6,872	7,176
	5	4,788	5,312	5,788	6,220	6,608	6,968	7,272
	6	4,884	5,408	5,884	6,316	6,704	7,046	7,368
	8	5,076	5,600	6,076	6,508	6,896	7,256	7,560
	10	5,268	5,792	6,668	6,700	7,088	7,448	7,752
	12	5,460	5,984	6,460	6,892	7,280	7,640	7,944
20	d	1,38	1,45	1,52	1,58	1,66	1,72	1,78
	f	10,00	6,66	5,00	4,00	3,33	2,86	2,50
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,876	2,708	3,472	4,175	4,808	5,376	5,900
	H = 4	5,257	5,851	6,401	6,902	7,358	7,759	8,135
	5	5,364	5,958	6,508	7,009	7,465	7,866	8,242
	6	5,471	6,065	6,615	7,116	7,572	7,973	8,349
	8	5,685	6,279	6,829	7,330	7,786	8,187	8,563
	10	5,899	6,493	7,043	7,544	8,000	8,401	8,777
	12	6,115	6,709	7,259	7,760	8,216	8,618	8,994
24	d	1,51	1,59	1,67	1,75	1,83	1,91	1,99
	f	12,00	8,00	6,00	4,80	4,00	3,42	3,00
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,881	2,729	3,511	4,229	4,883	5,486	6,008
	H = 4	5,767	6,434	7,045	7,608	8,121	4,594	9,003
	5	5,884	6,552	7,163	7,726	8,239	8,712	9,121
	6	6,002	6,609	7,280	7,843	8,356	8,829	9,238
	8	6,237	6,904	7,515	8,078	8,591	9,064	9,473
	10	6,472	7,140	7,750	8,314	8,827	9,299	9,709
	12	6,707	7,375	7,986	8,549	9,062	9,535	9,944
	14	6,943	7,609	8,221	8,783	9,298	9,770	10,179

W.	Pfeil-verhältniss.	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
28	d	1,64	1,73	1,82	1,92	2,01	2,10	2,20
	f	14,00	9,33	7,00	5,66	4,66	4,00	3,5
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,889	2,746	3,540	4,268	4,942	5,544	6,087
	H = 5	6,365	7,085	7,744	8,374	8,945	9,453	9,913
	6	6,491	7,212	7,870	8,500	9,071	9,579	10,039
	8	6,743	7,466	8,133	8,753	9,324	9,832	10,292
	10	6,995	7,720	8,386	9,026	9,577	10,095	10,545
	12	7,247	7,974	8,639	9,279	9,830	10,348	10,798
	14	7,499	8,228	8,892	9,532	10,083	10,601	11,056
	16	7,755	8,482	9,141	9,771	10,342	10,850	11,303
32	d	1,76	1,87	1,98	2,08	2,19	2,30	2,40
	f	16,00	10,66	8,00	6,40	5,33	4,57	4,00
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,895	2,760	3,560	4,301	4,980	5,594	6,154
	H = 5	6,809	7,593	8,320	8,988	9,605	10,159	10,669
	6	6,944	7,728	8,455	9,123	9,740	10,294	10,804
	8	7,214	7,990	8,725	9,393	10,010	10,564	11,074
	10	7,484	8,260	8,995	9,663	10,280	10,834	11,344
	12	7,754	8,530	9,265	9,933	10,550	11,104	11,614
	14	8,024	8,800	9,535	10,203	10,820	11,374	11,884
	16	8,293	9,088	9,814	10,482	11,099	11,654	12,163
36	d	1,89	2,01	2,13	2,25	2,37	2,49	2,61
	f	18,00	12,00	9,00	7,2	6	5,15	4,5
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,900	2,768	3,577	4,324	5,010	5,629	6,201
	H = 5	7,224	8,058	8,833	9,553	10,209	10,803	11,352
	6	7,368	8,202	8,977	9,697	10,353	10,947	11,496
	8	7,646	8,490	9,265	9,985	10,641	11,235	11,784
	10	7,934	8,778	9,553	10,273	10,929	11,523	12,072
	12	8,222	9,066	9,841	10,561	11,217	11,811	12,360
	14	8,510	9,534	10,129	10,849	11,505	12,099	12,648
	16	8,798	9,642	10,417	11,137	11,793	12,387	12,936
	18	9,086	9,930	10,705	11,425	12,081	12,675	13,224
	20	9,384	10,218	10,994	11,417	12,370	12,963	13,512

W.	Pfeilverhältniss.	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
40	d	2,02	2,15	2,28	2,42	2,55	2,68	2,82
	f	20,00	13,33	10,00	8,00	6,66	5,71	5,00
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,004	2,776	3,591	4,343	5,041	5,674	6,240
	H = 6	7,779	8,669	9,509	10,248	10,957	10,571	12,166
	8	8,083	8,973	9,813	10,552	11,261	11,875	12,470
	10	8,387	9,277	10,117	10,856	11,565	12,179	12,774
	12	8,691	9,581	10,421	11,160	11,869	12,483	13,078
	14	8,995	9,885	10,725	11,464	12,173	12,787	13,382
	16	9,299	10,189	11,029	11,768	12,477	13,087	13,668
	18	9,603	10,493	11,333	12,072	12,781	13,391	13,990
	20	9,906	10,786	11,635	12,375	13,084	13,698	14,293
45	d	2,175	2,325	2,475	2,625	2,775	2,925	3,075
	f	22,5	15,00	11,25	9,00	7,5	6,43	5,625
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,908	2,784	3,603	4,363	5,063	5,702	6,283
	H = 6	8,247	9,186	10,065	10,884	11,635	12,319	12,946
	8	8,569	9,508	10,387	11,206	11,957	12,641	13,268
	10	8,891	9,830	10,709	11,528	12,297	12,963	13,590
	12	9,213	10,152	11,031	11,850	12,601	13,285	13,912
	14	9,535	10,474	11,353	12,172	12,923	13,607	14,234
	16	9,857	10,796	11,675	12,494	13,245	13,929	14,556
	18	10,179	11,118	11,997	12,816	13,567	14,251	14,878
	20	10,501	11,441	12,320	13,138	13,890	14,574	15,200
50	d	2,33	2,50	2,67	2,83	3,00	3,17	3,33
	f	25,00	16,66	12,5	10,00	8,33	7,14	6,25
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,911	2,792	3,614	4,380	5,087	5,731	6,317
	H = 6	8,696	9,693	10,619	11,489	12,288	13,016	13,680
	8	9,035	10,032	10,958	11,828	12,627	13,355	14,020
	10	9,375	10,372	11,298	12,168	13,967	13,695	14,354
	12	9,714	10,711	11,637	12,507	13,306	14,034	14,693
	14	10,054	11,051	11,977	12,847	13,646	14,374	15,033
	16	10,393	11,390	12,316	13,186	13,985	14,713	15,372
	18	10,732	11,730	12,655	13,525	14,324	15,052	15,711
	20	11,072	12,068	12,995	13,864	14,664	15,391	16,056

W.	Pfeil-verhältniss	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
60	d	2,65	2,85	3,05	3,25	3,45	3,65	3,85
	f	30,00	20,00	15,00	12,00	10,00	8,57	7,50
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,915	2,800	3,631	4,404	5,118	5,772	6,366
	H = 6	9,533	10,633	11,664	12,625	13,508	14,322	15,058
	8	9,905	11,005	12,036	12,997	13,880	14,694	15,430
	10	10,277	11,375	12,408	13,369	14,252	15,066	15,802
	12	10,649	11,747	12,780	13,741	14,624	15,438	16,174
	14	11,021	12,119	13,152	14,113	14,996	15,810	16,546
	16	11,393	12,491	13,524	14,485	15,368	16,182	16,918
	18	11,765	12,863	13,896	14,857	15,740	16,554	17,290
	20	12,140	13,237	14,268	15,229	16,112	16,926	17,662
70	d	2,96	3,20	3,43	3,66	3,90	4,13	4,36
	f	35,00	23,33	17,5	14,00	11,66	10,00	8,75
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,919	2,808	3,643	4,422	5,143	5,802	6,404
	H = 6	10,303	11,495	12,614	13,656	14,622	15,502	16,313
	8	10,705	11,897	13,016	14,058	15,024	15,904	16,715
	10	11,106	12,298	13,418	14,460	15,426	16,306	17,117
	12	11,508	12,700	13,819	14,861	15,827	16,707	17,518
	14	11,910	13,102	14,221	15,263	16,229	17,109	17,920
	16	12,312	13,504	14,623	15,665	16,630	17,510	18,322
	18	12,714	13,906	15,025	16,067	17,033	17,912	18,724
	20	13,115	14,307	15,426	16,468	17,434	18,314	19,125
	22	13,517	14,709	15,828	16,870	17,836	18,716	19,527
	24	13,919	15,110	16,229	17,271	18,234	19,130	19,929
80	d	3,28	3,55	3,82	4,08	4,35	4,62	4,88
	f	40,00	26,66	20,00	16,00	13,33	11,43	10,00
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,921	2,813	3,651	4,435	5,160	5,827	6,431
	H = 6	11,014	12,283	13,482	14,604	15,641	16,585	17,460
	8	11,443	12,712	13,911	15,033	16,071	17,014	17,889
	10	11,872	13,141	14,430	15,462	16,500	17,443	18,318
	12	12,301	13,570	14,770	15,891	16,929	17,872	18,747
	14	12,730	14,000	15,198	16,320	17,358	18,301	19,176
	16	13,160	14,429	15,628	16,750	17,787	18,731	19,606
	18	13,589	14,458	16,057	17,179	18,216	19,160	20,035
	20	14,018	15,287	16,486	17,608	18,645	19,589	20,464
	22	14,447	15,716	16,915	18,037	19,074	20,018	20,883
	24	14,876	16,146	17,344	18,467	19,504	20,457	21,312

V. Tabelle

der Gewölbstärken für Quader und der Widerlagerstärken nach den Formeln für Metermaass.

W.	Pfeil-verhältniss	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
1m	d	0,252	0,255	0,258	0,262	0,265	0,268	0,272
	f	0,500	0,333	0,250	0,200	0,166	0,143	0,125
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,597	2,170	2,639	3,021	3,343	3,610	3,831
		e	e	e	e	e	e	e
	H = 0,50	0,578	0,627	0,667	0,700	0,728	0,750	0,769
	0,75	0,598	0,638	0,678	0,711	0,739	0,761	0,780
	1,00	0,600	0,649	0,689	0,722	0,750	0,772	0,791
	1,25	0,611	0,660	0,700	0,733	0,761	0,783	0,802
	1,50	0,622	0,671	0,711	0,744	0,772	0,794	0,813
	1,75	0,633	0,682	0,722	0,755	0,783	0,805	0,824
	2,00	0,644	0,693	0,733	0,766	0,794	0,816	0,835
1,5	d	0,268	0,273	0,278	0,283	0,288	0,293	0,298
	f	0,750	0,500	0,375	0,300	0,250	0,214	0,188
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,697	2,357	2,918	3,398	3,807	4,161	4,451
	H = 0,50	0,719	0,788	0,847	0,897	0,940	0,977	1,007
	0,75	0,732	0,801	0,860	0,910	0,953	0,990	1,021
	1,00	0,746	0,815	0,874	0,923	0,967	1,004	1,034
	1,25	0,759	0,828	0,887	0,937	0,980	1,017	1,048
	1,50	0,773	0,842	0,901	0,950	0,994	1,031	1,061
	1,75	0,786	0,855	0,914	0,964	1,007	1,044	1,075
	2,00	0,800	0,869	0,928	0,977	1,021	1,058	1,088
1,75	d	0,275	0,281	0,287	0,293	0,299	0,305	0,310
	f	0,875	0,583	0,483	0,350	0,292	0,250	0,219
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,728	2,418	3,009	3,525	3,964	4,348	4,679
	H = 0,50	0,780	0,858	0,924	0,983	1,033	1,076	1,113
	0,75	0,795	0,872	0,939	0,997	1,048	1,091	1,128
	1,00	0,809	0,887	0,953	1,012	1,062	1,05	1,142
	1,25	0,824	0,901	0,968	1,027	1,077	1,119	1,157
	1,50	0,838	0,916	0,982	1,041	1,091	1,334	1,171
	1,75	0,853	0,930	0,997	1,055	1,106	1,149	1,186
	2,00	0,867	0,945	1,012	1,070	1,120	1,163	1,201

W.	Pfeil-verhältniss	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_4$	$^1/_5$	$^1/_6$	$^1/_7$	$^1/_8$
2	d	0,283	0,290	0,297	0,303	0,310	0,317	0,323
	f	1,000	0,666	0,500	0,400	0,333	0,286	0,250
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,752	2,463	3,084	3,626	4,098	4,499	4,860
	H = 0,75	0,852	0,938	1,013	1,078	1,136	1,184	1,228
	1,00	0,868	0,954	1,028	1,093	1,151	1,200	1,243
	1,25	0,883	0,970	1,044	1,108	1,167	1,216	1,259
	1,50	0,899	0,985	1,060	1,125	1,182	1,231	1,275
	1,75	0,914	1,001	1,075	1,141	1,198	1,247	1,290
	2,00	0,930	1,016	1,091	1,156	1,214	1,262	1,306
	2,25	0,946	1,032	1,106	1,172	1,229	1,278	1,321
	2,50	0,961	1,048	1,122	1,187	1,245	1,293	1,337
	2,75	0,977	1,063	1,138	1,203	1,260	1,308	1,352
	3,00	0,992	1,078	1,153	1,218	1,276	1,324	1,368
2,5	d	0,299	0,308	0,316	0,324	0,333	0,341	0,349
	f	1,250	0,833	0,625	0,500	0,417	0,357	0,313
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,786	2,533	3,193	3,776	4,284	4,739	5,128
	H = 1,00	0,975	1,076	1,165	1,246	1,312	1,374	1,426
	1,25	0,992	1,093	1,182	1,261	1,330	1,391	1,443
	1,50	1,010	1,110	1,200	1,278	1,347	1,408	1,460
	1,75	1,027	1,128	1,217	1,296	1,364	1,426	1,478
	2,00	1,044	1,145	1,234	1,312	1,383	1,443	1,496
	2,50	1,079	1,180	1,269	1,348	1,416	1,478	1,530
	3,00	1,114	1,215	1,304	1,383	1,451	1,513	1,565
	3,50	1,149	1,250	1,339	1,418	1,486	1,547	1,600
	4,00	1,184	1,284	1,374	1,452	1,520	1,582	1,635
3	d	0,315	0,325	0,335	0,345	0,360	0,365	0,375
	f	1,500	1,000	0,750	0,600	0,500	0,429	0,375
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,810	2,581	3,270	3,883	4,412	4,906	5,333
	H = 1,00	1,071	1,185	1,287	1,378	1,456	1,529	1,593
	1,25	1,090	1,205	1,307	1,397	1,475	1,549	1,612
	1,50	1,110	1,224	1,326	1,416	1,494	1,568	1,631
	1,75	1,129	1,234	1,345	1,435	1,514	1,587	1,650
	2,00	1,148	1,262	1,364	1,454	1,533	1,606	1,669
	2,50	1,186	1,300	1,402	1,492	1,571	1,644	1,707
	3,00	1,224	1,338	1,440	1,530	1,609	1,682	1,745
	3,50	1,262	1,376	1,478	1,569	1,647	1,720	1,783
	4,00	1,300	1,414	1,516	1,607	1,685	1,758	1,821

W.	Pfeilverhältniss	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
3,50	d	0,331	0,343	0,354	0,366	0,378	0,389	0,401
	f	1,750	1,1666	0,875	0,700	0,583	0,500	0,438
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,827	2,615	3,327	3,964	4,534	5,040	5,482
	H = 1,00	1,160	1,286	1,400	1,501	1,593	1,673	1,744
	1,25	1,181	1,306	1,420	1,522	1,613	1,694	1,765
	1,50	1,201	1,327	1,441	1,543	1,634	1,714	1,785
	1,75	1,222	1,348	1,461	1,563	1,654	1,735	1,806
	2,00	1,242	1,368	1,482	1,584	1,675	1,756	1,826
	2,50	1,283	1,409	1,523	1,625	1,716	1,797	1,868
	3,00	1,325	1,451	1,564	1,666	1,757	1,838	1,909
	3,50	1,366	1,492	1,605	1,707	1,798	1,879	1,950
	4,00	1,407	1,533	1,647	1,748	1,839	1,920	1,991
4,00	d	0,347	0,360	0,373	0,387	0,400	0,413	0,427
	f	2,000	1,333	1,000	0,800	0,666	0,555	0,500
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,840	2,644	3,371	4,26	4,614	5,249	5,606
	H = 1,00	1,242	1,380	1,504	1,616	1,716	1,825	1,886
	1,25	1,264	1,402	1,526	1,638	1,738	1,847	1,908
	1,50	1,286	1,424	1,548	1,660	1,760	1,869	1,930
	1,75	1,308	1,446	1,570	1,682	1,782	1,891	1,952
	2,00	1,330	1,468	1,592	1,704	1,804	1,913	1,974
	2,50	1,374	1,512	1,636	1,748	1,848	1,957	2,018
	3,00	1,418	1,556	1,680	1,792	1,892	2,001	2,062
	3,50	1,462	1,600	1,724	1,836	1,936	2,045	2,106
	4,00	1,506	1,644	1,768	1,880	1,980	1,089	2,150
4,50	d	0,363	0,378	0,393	0,408	0,423	0,438	0,453
	f	2,250	1,500	1,125	0,900	0,750	0,643	0,563
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,851	2,664	3,405	4,076	4,680	5,220	5,700
	H = 1,25	1,343	1,490	1,625	1,746	1,856	1,953	2,040
	1,50	1,366	1,514	1,648	1,769	1,879	1,977	2,064
	1,75	1,390	1,537	1,671	1,793	1,902	2,000	2,087
	2,00	1,413	1,560	1,695	1,816	1,926	2,023	2,110
	2,50	1,460	1,607	1,741	1,863	1,972	2,070	2,157
	3,00	1,506	1,654	1,788	1,909	2,019	2,117	2,204
	3,50	1,553	1,700	1,835	1,956	2,066	2,163	2,250
	4,00	1,600	1,747	1,881	2,003	2,112	2,210	2,297

W.	Pfeil-verhältniss	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
5,00	d	0,378	0,395	0,412	0,428	0,445	0,462	0,478
	f	2,500	1,666	1,250	1,000	0,833	0,714	0,625
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,859	2,686	3,434	4,119	5,436	5,291	5,787
	H = 1,25	1,417	1,575	1,718	1,849	1,967	2,073	2,167
	1,50	1,442	1,600	1,743	1,873	1,991	2,097	2,192
	1,75	1,466	1,624	1,767	1,898	2,016	2,122	2,216
	2,00	1,491	1,649	1,792	1,923	2,041	2,146	2,241
	2,50	1,540	1,698	1,841	1,972	2,090	2,196	2,290
	3,00	1,589	1,747	1,890	2,021	2,139	2,245	2,339
	3,50	1,639	1,797	1,939	2,070	2,188	2,294	2,389
	4,00	1,688	1,846	1,989	2,119	2,237	2,343	2,438
5,50	d	0,394	0,413	0,431	0,449	0,468	0,486	0,504
	f	2,750	1,833	1,375	1,100	0,9166	0,786	0,688
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,866	2,696	3,458	4,153	4,780	5,345	5,851
	H = 1,25	1,488	1,654	1,807	1,946	2,071	2,185	2,286
	1,50	1,514	1,680	1,832	1,972	2,097	2,210	2,312
	1,75	1,539	1,705	1,858	1,997	2,123	2,236	2,337
	2,00	1,565	1,731	1,884	2,023	2,149	2,262	2,363
	2,50	1,617	1,783	1,936	2,075	2,200	2,314	2,415
	3,00	1,668	1,834	1,987	2,126	2,252	3,365	2,467
	3,50	1,720	1,886	2,039	2,178	2,303	2,417	2,518
	4,00	1,772	1,938	2,090	2,230	2,355	2,468	2,570
6,00	d	0,410	0,430	0,450	0,470	0,490	0,510.	0,530
	f	3,000	2,000	1,500	1,200	1,000	0,857	0,750
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,872	2,709	3,478	4,181	4,819	5,396	5,911
	H = 1,25	1,555	1,730	1,891	2,038	2,172	2,292	2,400
	1,50	1,582	1,757	1,918	2,065	2,198	2,319	2,427
	1,75	1,609	1,784	1,945	2,092	2,225	2,346	2,454
	2,00	1,636	1,811	1,972	2,119	2,252	2,373	2,481
	2,50	1,690	1,865	2,026	2,173	2,306	2,427	2,535
	3,00	1,744	1,919	2,080	2,227	2,360	2,481	2,589
	3,50	1,798	1,973	2,134	2,281	2,414	2,535	2,643
	4,00	1,852	2,027	2,187	2,335	2,468	2,589	2,696

W.	Pfeil-verhältniss	$^1/_2$	$^1/_3$	$^1/_4$	$^1/_5$	$^1/_6$	$^1/_7$	$^1/_8$
7	d	0,442	0,465	0,488	0,512	0,535	0,558	0,582
	f	3,500	2,333	1,750	1,400	1,1666	1,000	0,875
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,881	2,728	3,511	4,227	4,881	5,573	6,003
	H = 1,25	1,682	1,873	2,050	2,212	2,360	2,493	2,613
	1,50	1,711	1,902	2,097	2,241	2,389	2,523	2,642
	1,75	1,740	1,931	2,108	2,270	2,418	2,552	2,671
	2,00	1,769	1,961	2,137	2,299	2,447	2,581	2,701
	2,50	1,827	2,019	2,195	2,357	2,505	2,639	2,759
	3,00	1,885	2,077	2,254	2,416	2,563	2,698	2,817
	3,50	1,944	2,135	2,312	2,474	2,621	2,755	2,895
	4,00	2,002	2,193	2,370	2,532	2,680	2,814	2,933
	4,50	2,060	2,252	2,428	2,590	2,738	2,872	2,992
8	d	0,473	0,500	0,527	0,553	0,580	0,607	0,633
	f	4,000	2,666	2,000	1,600	1,333	1,143	1,000
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,888	2,743	3,534	4,263	4,929	5,531	6,077
	H = 1,50	1,831	2,057	2,228	2,405	2,565	2,111	2,843
	1,75	1,862	2,068	2,259	2,438	2,596	2,742	2,874
	2,00	1,893	2,100	2,291	2,467	2,627	2,773	2,905
	2,50	1,955	2,162	2,353	2,529	2,690	2,835	2,967
	3,00	2,017	2,224	2,415	2,591	2,752	2,897	3,029
	3,50	2,079	2,236	2,477	2,653	2,814	2,959	3,091
	4,00	2,142	2,348	2,539	2,716	2,876	3,021	3,154
	4,50	2,204	2,411	2,602	2,778	2,938	3,084	3,246
	5,00	2,266	2,473	2,664	2,840	3,001	3,146	3,278
9	d	0,505	0,535	0,565	0,595	0,625	0,655	0,685
	f	4,500	3,000	2,250	1,800	1,500	1,286	1,125
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,894	2,754	3,554	4,291	4,966	5,578	6,133
	H = 1,50	1,943	2,164	2,369	2,557	2,730	2,887	3,029
	1,75	1,976	2,197	2,402	2,590	2,763	2,920	3,062
	2,00	2,009	2,230	2,435	2,623	2,796	2,953	3,095
	2,50	2,075	2,296	2,501	2,689	2,862	3,019	3,161
	3,00	2,141	2,362	2,567	2,755	2,928	3,085	3,227
	3,50	2,207	2,428	2,633	2,821	2,994	3,151	3,293
	4,00	2,273	2,494	2,699	2,887	3,060	3,217	3,359
	4,50	2,339	2,560	2,765	2,953	3,126	3,283	3,425
	5,00	2,405	2,626	2,831	3,019	3,192	3,349	3,491

W.	Pfeil-verhältniss.	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
10	d	0,537	0,570	0,603	0,637	0,670	0,703	0,737
	f	5,000	3,333	2,500	2,000	1,666	1,429	1,250
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,898	2,764	3,570	4,313	4,995	5,616	6,179
	H = 1,50	2,050	2,284	2,501	2,702	2,886	3,054	3,206
	1,75	2,084	2,318	2,536	2,736	2,921	3,088	3,240
	2,00	2,119	2,353	2,571	2,771	2,956	3,123	3,275
	2,50	2,189	2,423	2,640	2,841	3,025	3,193	3,345
	3,00	2,258	2,492	2,710	2,910	3,095	3,262	3,414
	3,50	2,328	2,562	2,779	2,980	3,164	3,332	3,484
	4,00	2,397	2,631	2,849	3,049	3,234	3,401	3,554
	4,50	2,467	2,701	2,919	3,119	3,303	3,471	3,623
	5,00	2,537	2,771	2,988	3,189	3,373	3,541	3,693
	5,50	2,606	2,840	3,058	3,258	3,443	3,610	3,762
	6,00	2,676	2,910	3,127	3,328	3,512	3,680	3,832
11	d	0,568	0,605	0,642	0,678	0,715	0,752	0,788
	f	5,500	3,666	2,750	2,200	1,833	1,571	1,375
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,902	2,771	3,582	4,332	5,021	5,650	6,218
	H = 1,50	2,151	2,397	2,626	2,839	3,034	3,212	3,373
	1,75	2,187	2,433	2,663	2,876	3,071	3,249	3,410
	2,00	2,224	2,470	2,699	2,912	3,107	3,285	3,446
	2,50	2,296	2,542	2,772	2,985	3,180	3,358	3,519
	3,00	2,369	2,616	2,845	3,058	3,253	3,431	3,592
	3,50	2,442	2,688	2,918	3,131	3,326	3,504	3,665
	4,00	2,515	2,761	2,991	3,204	3,399	3,577	3,738
	4,50	2,588	2,834	3,064	3,277	3,472	3,650	3,811
	5,00	2,661	2,907	3,137	3,350	3,545	3,723	3,884
	5,50	2,734	2,980	3,210	3,423	3,618	3,796	3,957
	6,00	2,807	3,053	3,283	3,496	3,691	3,869	4,030
12	d	0,600	0,640	0,680	0,720	0,760	0,800	0,840
	f	6,000	4,000	3,000	2,400	2,000	1,714	1,500
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,905	2,778	3,593	4,348	5,042	5,676	6,250
	H = 2,00	2,323	2,582	2,823	3,046	3,251	3,439	3,609
	2,50	2,400	2,658	2,899	3,122	3,128	3,515	3,685
	3,00	2,476	2,734	2,975	3,198	3,404	3,591	3,761
	3,50	2,552	2,810	3,051	3,275	3,480	3,668	3,838
	4,00	2,628	2,886	3,127	3,351	3,556	3,744	3,914
	4,50	2,704	2,963	3,204	3,427	3,633	3,820	3,990
	5,00	2,781	3,039	3,280	3,503	3,709	3,896	4,066
	5,50	2,857	3,115	3,356	3,580	3,785	3,972	4,142
	6,00	2,933	3,191	3,432	3,656	3,861	4,049	4,219

W.	Pfeil-verhältniss.	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
13	d	0,632	0,675	0,718	0,762	0,805	0,848	0,892
	f	6,500	4,333	3,250	2,600	2,1666	1,857	1,625
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,907	2,783	3,602	4,361	5,060	5,699	6,277
	H = 2,00	2,419	2,689	2,941	3,174	3,390	3,586	3,765
	2,50	2,498	2,768	3,020	3,254	3,469	3,666	3,844
	3,00	2,578	2,847	3,099	3,333	3,548	3,745	3,923
	3,50	2,657	2,927	3,179	3,412	3,628	3,824	4,003
	4,00	2,736	3,006	3,258	3,492	3,707	3,904	4,082
	4,50	2,816	3,085	3,337	3,571	3,786	3,983	4,161
	5,00	2,895	3,165	3,417	3,650	3,866	4,062	4,240
	5,50	2,974	3,244	3,496	3,730	3,945	4,142	4,320
	6,00	3,054	3,323	3,575	3,809	4,024	4,221	4,399
15	d	0,695	0,745	0,795	0,845	0,895	0,945	0,995
	f	7,500	5,000	3,750	3,000	2,500	2,143	1,875
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,912	2,792	3,617	4,383	5,089	5,735	6,322
	H = 2,00	2,600	2,891	3,164	3,417	3,651	3,865	4,059
	2,50	2,685	2,976	3,249	3,502	3,736	3,950	4,144
	3,00	2,770	3,061	3,334	3,588	3,821	4,035	4,229
	3,50	2,856	3,146	3,420	3,673	3,906	4,120	4,314
	4,00	2,941	3,232	3,505	3,758	3,992	4,205	4,399
	4,50	3,026	3,317	3,590	3,843	4,077	4,291	4,485
	5,00	3,111	3,402	3,675	3,928	4,162	4,376	4,570
	5,50	3,196	3,487	3,760	4,014	4,247	4,461	4,655
	6,00	3,282	3,573	3,846	4,099	4,332	4,546	4,740
17	d	0,758	0,815	0,872	0,928	0,985	1,042	1,098
	f	8,500	5,666	4,250	3,400	2,833	2,429	2,125
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,915	2,799	3,628	4,400	5,112	5,763	6,358
	H = 2,00	2,769	3,080	3,372	3,644	3,895	4,124	4,333
	2,50	2,859	3,171	3,463	3,735	3,985	4,215	4,424
	3,00	2,950	3,261	3,553	3,825	4,076	4,305	4,515
	3,50	3,041	3,352	3,644	3,916	4,167	4,396	4,606
	4,00	3,132	3,443	3,735	4,007	4,258	4,487	4,696
	4,50	3,222	3,534	3,825	4,098	4,348	4,578	4,787
	5,00	3,313	3,624	3,916	4,188	4,439	4,668	4,878
	5,50	3,404	3,715	4,007	4,279	4,530	4,759	4,968
	6,00	3,494	3,806	4,098	4,370	4,620	4,850	5,059

W.	Pfeil-verhältniss	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8
20	d	0,853	0,920	0,987	1,053	1,120	1,187	1,253
	f	10,000	6,666	5,000	4,000	3,333	2,857	2,500
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,918	2,806	3,641	4,418	5,137	5,796	6,397
	H = 2,00	3,004	3,343	3,662	3,959	4,234	4,486	4,715
	2,50	3,103	3,442	3,761	4,058	4,332	4,584	4,813
	3,00	3,201	3,540	3,859	4,156	4,431	4,682	4,912
	3,50	3,300	3,639	3,957	4,254	4,529	4,781	5,010
	4,00	3,398	3,737	4,056	4,353	4,627	4,879	5,109
	4,50	3,496	3,835	4,154	4,451	4,726	4,978	5,207
	5,00	3,595	3,934	4,253	4,550	4,824	5,076	5,305
	5,50	3,693	4,032	4,351	4,648	4,923	5,174	5,404
	6,00	3,792	4,131	4,449	4,746	5,021	5,273	5,502
	6,50	3,890	4,229	4,548	4,845	5,119	5,371	5,601
	7,00	3,978	4,327	4,646	4,943	5,217	5,470	5,699
23	d	0,948	1,025	1,102	1,178	1,255	3,332	1,408
	f	11,500	7,666	5,750	4,600	3,833	3,286	2,875
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,920	2,812	3,650	4,432	5,156	5,820	6,426
	H = 2,00	3,223	3,588	3,931	4,252	4,547	4,820	5,068
	2,50	3,328	3,694	4,037	4,357	4,652	4,925	5,174
	3,00	3,434	3,799	4,142	4,463	4,758	5,031	5,279
	3,50	3,539	3,905	4,248	4,568	4,863	5,136	5,385
	4,00	3,645	4,010	4,353	4,674	4,969	5,242	5,490
	4,50	3,750	4,116	4,459	4,779	5,074	5,347	5,596
	5,00	3,856	4,221	4,564	4,885	5,180	5,453	5,701
	5,50	3,961	4,327	4,670	4,990	5,286	5,558	5,807
	6,00	4,067	4,432	4,775	5,096	5,391	5,664	5,912
	6,50	4,172	4,538	4,881	5,201	5,497	5,719	6,018
	7,00	4,278	4,643	4,986	5,307	5,602	5,874	6,123
25	d	1,012	1,095	1,178	1,262	1,345	1,428	1,512
	f	12,500	8,333	6,250	5,000	4,166	3,571	3,125
	$n = \frac{w}{f + \frac{d}{2}}$	1,922	2,815	3,656	4,440	5,166	5,834	6,442
	H = 2,00	3,361	3,742	4,101	4,436	4,746	5,031	5,291
	2,50	3,471	3,852	4,211	4,546	4,856	5,141	5,401
	3,00	3,581	3,962	4,321	4,656	4,966	5,251	5,511
	3,50	3,691	4,072	4,431	4,766	5,076	5,361	5,621
	4,00	3,801	4,182	4,541	4,876	5,186	5,471	5,731
	4,50	3,911	4,292	4,651	4,986	5,296	5,581	5,841
	5,00	4,021	4,402	4,761	5,096	5,406	5,691	5,951
	5,50	4,131	4,512	4,871	5,206	5,516	5,801	6,061
	6,00	4,241	4,622	4,981	5,316	5,626	5,911	6,171
	6,50	4,351	4,732	5,091	5,426	5,736	6,021	6,281
	7,00	4,461	4,842	5,201	5,536	5,846	6,131	6,391

VI. Brücken unter hohen Dämmen.

Die Herstellung von Brücken unter hohen Dämmen muss um so vorsichtiger geschehen, als man etwaige Mängel an diesen Bauwerken später nur mit erheblichen Kosten und oft mit Gefahren beseitigen kann.

Wir geben folgend die Dimensionen einiger bei Eisenbahnbauten gemachten Ausführungen und darüber gesammelte Erfahrungen und knüpfen daran einige praktische Regeln, welche bei der Ausführung solcher Brücken zu beachten sind. Die nach den früher gegebenen Formeln berechneten Werthe in der angehängten Tabelle zeigen eine genügende Uebereinstimmung mit der Ausführung.

Die Erfahrungen, welche man bei den vorstehenden Brücken gemacht hat, lassen einige wichtige Vorsichtsmaassregeln ableiten. Die folgenden Brücken wurden im Jahre 1852 besichtigt und folgende Erkundigungen eingezogen.

1) Gundelbach (1848 erbaut). Gewölbe: Backstein; Widerlager: Sandbruchstein, vor Haupt in Schichten fein gespitzt; Mittelpfeiler: ausgesuchte grosse, fein gespitzte Schnittsteine, in halber Höhe und am Kämpfer durchgehende Schichten von Sandsteinquader; Baugrund: aufgeschwemmter blauer Thon, nicht tragbar genug, wesshalb die Brücke gesackt war. Der Mittelpfeiler und die Widerlager hatten in etwa jedem Viertel der Länge einen Riss von der Sohle bis zum Scheitel des Gewölbes auslaufend. Die Fundamente zu schmal.

2) Ahne (1848 erbaut). Widerlager und Flügel gewöhnliche und vor Haupt gespitzte Sandbruchsteine; Mittelpfeiler aus ausgesuchten, grossen, schichtweis ausgeglichenen Sandsteinen; Gewölbe von Klinkern; auf Keupermergel gegründet, vorsichtig hinterfüllt. War 1852 in unbeschädigtem Zustande.

3) Elsche (1847 erbaut). Widerlager: schichtweise von festem Sandstein; Gewölbe: hartgebrannte Backsteine. Die Hinterfüllung (Lehm und sandiger Thonboden) war bei ungünstiger Witterung bis 10 Fuss über dem Gewölbe mit Schiebkarren, von da ab von einer Seite mit grossen Erdtransporten vorgetrieben und dasselbe $^3/_4$ Fuss übergeschoben, wesshalb nachträglich Sohlenbögen zur Verspannung des Fundaments angeordnet und der Damm mit Schiebkarren vollendet wurde. Die Risse und Sprünge mit Cement ausgefüllt. Bis 1852 waren keine weiteren Unfälle bemerkt.

4) Mohnbach (1848 erbaut). Wie die vorige hergestellt. Die Gewölbstirnen mit Gewölbquadern verblendet, welche nach Vollendung der Schüttung 0,2 Fuss von dem Backsteinmauerwerk des Gewölbes sich ablösten

und übrigens nicht erhebliche Abtrennung der Stirnmauern vom Widerlager bewirkten. Hatte sich sonst gut gehalten.

5) Guxhagen. Widerlager: lagerhafter, fester Sandstein (Kieselsandstein); Gewölbe: Backstein: vorsichtig hinterfüllt; in untadelhaftem Stande.

6) Schwarzbach (1848 erbaut). Widerlager: sauber und lagermässig bearbeiteter Sandbruchstein, mit Verblendungen von Sandsteinquadern; Gewölbe und Sohlenbogen von Quadern sehr sorgfältig ausgeführt.

7) Durchfahrt zwischen Guntershausen und Guxhagen. Widerlager: feste lagermässig bearbeitete, schichtweise ausgeglichene Kieselsandbruchsteine; Gewölbe aus Backsteinen mit Stirnquadern, welche sich etwa $1/2$ Zoll vom Gewölbe abgelöst haben.

8) Neustadt (1847 erbaut). Widerlager: gewöhnlicher Sandbruchstein; Gewölbe: Sandsteinquader. Hat sich gut gehalten.

9) Kaiserslautern. Ausführung wie sub 8. Gewölbe aus frisch gebrochenen (Bruchfeuchtigkeit) daher noch weichen Quadern aus rothem Sandstein, sofort überschüttet, daher bald nach der Ueberschüttung ein Theil der Gewölbquader zerdrückt wurde, wesshalb derselbe mit einem 1 Meter starken Bogenringe aus festerem Material unterfangen wurde, so dass die Weite nur noch 4 Meter ist (?).

10) Katzenloch. Gesammtes Mauerwerk von Tuffstein. Widerlager: schichtweis bearbeitete Bruchsteine, Gewölbe von Quadern. Dieser Tuffstein war so weich, dass die vorhäuptigen Steine der Widerlager zum Theil zerdrückt wurden, und daher nachträglich auf 80 Fuss Länge durch festen, grobkörnigen Kernkalk ersetzt werden mussten. Das Gewölbe hatte sich gut erhalten.

11) Eyb. Das Material war ursprünglich Tuffstein von nur 4 bis 7 Centner Zerdrückungsfestigkeit pro □ Zoll. Schon während der (unvorsichtigen) Hinterfüllung zeigten sich erhebliche Mängel am Gewölbe und den oberen Schichten der Widerlager. Nachdem die Dammschüttung bis zur Kronenhöhe durchgeführt war, musste dieselbe wieder beseitigt werden und das Gewölbe und die beiden oberen Schichten der Widerlager mussten abgetragen und durch Keupersandstein (von 4400 bis 10500 Pfund Festigkeit pro □ Zoll württembergisch) ersetzt werden. Seit der Zeit hat sich die Brücke gut gehalten.

12) Mühlenthal. Gewölbe aus Tuffstein, war nach der Ueberschüttung erheblich beschädigt und drohte auf grössere Länge den Einsturz, wesshalb die inneren Leibungssteine ausgebrochen und circa $2^1/_2$ Fuss stark durch feste Kalksteine ersetzt wurden. Hat sich darauf gut gehalten.

13) Lenc. Halbkreisgewöbe von Tuffsteinquadern, Widerlager von festem Jura-Dolomit.

14) Ulmer Thal. Halbkreisgewölbe von festem Jura-Dolomit.

15) Schiefe Ebene zwischen Neuenmarkt und Marktschorgarst. (Vergl. Förster's Bauzeitung 1851). Gewölbe 3,5 Fuss von Mergelsandsteinquadern. Die Widerlager vor Haupt 2 Fuss stark von denselben Quadern in 1,5 bis 2 Fuss hohen Schichten; die Hintermauerung derselben von Sandsteinbrocken und Glimmerschiefer in verschiedenen Schichthöhen. Ueber dem Bogen trockenes Entlastungsgewölbe von Bruchsteinen aus Glimmerschiefer und unter den Steinböschungen des Dammes in Mörtel gesetzt. Wegen der geringeren Festigkeit und der grösseren Fugen des Materials der Hintermauerung zeigte sich ein Abplatzen in der Verblendung des Widerlagers, später auch bei den Gewölbquadern. Das Entlastungsgewölbe erfüllte nicht seinen Zweck, sondern stützte sich auf das Mauerwerk der Brücke. Zur Verstärkung der Brücke wurden 3½ Fuss starke Granitrippen eingebracht und die Räume dazwischen mit Backstein ausgefüllt und gegen Zerreissen nach der Länge wurden starke eiserne Anker eingezogen. Hierauf ist die Brücke haltbar gewesen.

16) und 17), ebenfalls zwischen Neuenmarkt und Marktschorgarst, zeigten dieselben Erscheinungen wie 15) und wurden ebenfalls nachträglich mit Granitrippen verstärkt.

Nach den bei diesen Brücken gemachten und anderen Erfahrungen lässt sich das Folgende als besonders beachtenswerth anführen.

Es ist sehr schwierig, Brücken unter hohen Dämmen vollständig unbeweglich herzustellen und geringe Sackungen des Gewölbes oder der Widerlager kommen bei fast allen vor, in Folge Comprimirung des Mauerwerks oder des Grundes, oder aus beiden Ursachen (z. B. Brücken an der hannoverschen Südbahn).

Entlastungsgewölbe sind schwierig zur Wirksamkeit zu bringen, man muss ihnen ein gutes Auflager bei gehöriger Verbreiterung des Kämpfers geben. Trotzdem findet oft ein starkes Setzen statt, so dass sie die Brücke ungleichmässig belasten. Es ist daher fraglich, ob man sie nicht lieber ganz entbehrt.

Zu den Widerlagern muss festes Material genommen werden und zweckmässig wird das Mauerwerk in abgearbeiteten Schichten mit durchweg gleich starken Fugen hergestellt. Eine Verblendung des Bruchsteinmauerwerks mit Quadern ist daher, weil ungleich starke Fugen der Hintermauerung und Verblendung entstehen, nicht zu empfehlen. Starke Fugen sind nicht so schädlich, wie ungleichmässige. Der Mörtel muss von gutem Material und etwas hydraulisch sein, damit er sicher auch im Feuchten erhärtet. Tief eingreifende Kämpferquader zur Vertheilung des Gewölbedrucks sind zweckmässig.

Zum Gewölbe muss man das beste Material aussuchen, die Steine auf der ganzen Länge in den Lagerfugen gut eben arbeiten und an den Kanten gehörig

Druck anarbeiten (sie nach aussen abschrägen, damit die Fuge aussen sich erweitere) um Absplittern zu verhindern. Eine Verblendung der Stirnen von Backsteingewölben mit Quadern ist, wie überhaupt verwerflich, hier bei starkem Drucke um so mehr zu vermeiden, wegen des ungleichmässigen Setzens und eintretenden Trennens des mit ungleich starken und ungleicher Anzahl Fugen hergestellten Mauerwerks.

Bei grossen Brücken wird man, um das Einschieben der Widerlager zu verhindern, kräftige genügend tiefe Heerdmauern in genügender Anzahl anbringen, oder einzelne Sohlenbögen anwenden, oder auch ein durchgehendes Sohlengewölbe, welches übrigens nicht mit zum Tragen kommt, sondern nur den Schub aufheben soll. Bei kleinen Brücken wird man dieselben Mittel anwenden oder besser der geringeren Mehrkosten halber das Fundament in der ganzen Breite durchgehen lassen und den Heerd der Brücke durch ein Sohlenpflaster oder schwaches Sohlengewölbe egalisiren.

Mit abnehmender Höhe des Dammes nach den Dossirungen hin können, falls die Sohle der Brücke ein geringes Gefälle hat, das Gewölbe und die Widerlager entsprechend in Absätzen schwächer werden, die Stärke kann man nach den angegebenen Formeln berechnen. Doch muss ein guter Längenverband stattfinden, da bei stärkerem Setzen der Dämme in Folge nachgiebigen Untergrundes die sich setzenden Dossirungen eine stärkere Tendenz haben, das Gewölbe und die Widerlager der Länge nach zu trennen. Eventuell können starke Verklammerungen oder Verankerungen, welche in das Gewölbe eingelegt werden, von Nutzen sein. Man wird, um die Länge der Brücken und die Stärke der Gewölbe und Widerlager möglichst zu reduciren, dahin streben, dass die Brücke nicht in die tiefste Stelle des Terrains, wo die Dammbasis am breitesten ist, zu liegen komme, sondern das Bauwerk, wenn irgend möglich, in die Nähe des Ueberganges vom Damme in den Einschnitt zu legen suchen und zu dem Ende den fraglichen Wasserlauf oberhalb des Dammes an dem Hange des Seitenthals entsprechend in einem neuen Bette umleiten.

Wenn der Damm einseitig ist und die Einsenkungen des Terrains an der Bergseite auf Bahnhöhe ausgefüllt werden, kann eine solche Verlegung der Brücke in höheres Terrain meistens leicht und ohne Gefährdung eines regelmässigen Wasserabflusses erreicht werden.

Ist der Grund unter der Brücke künstlich befestigt, z. B. durch Pfahlrost, und das anliegende Terrain sehr nachgiebig, so muss, um ein Zerreissen der Brücke und des Rostes nach der Länge, bei einem Verschieben des Untergrundes zu beiden Seiten nach aussen hin, wobei der Rost mitgenommen wird, zu verhindern, der Rost ebenfalls der Länge nach in seiner Holzverbindung gut verankert sein. In schlimmen Fällen kann man genöthigt sein zu beiden Seiten des Dammes in der Nähe der Brücke Contreforts von Erde anzuschütten, um das

Aufsteigen des beweglichen Bodens möglichst zu verhindern und mehr Gleichgewicht herzustellen.

Zuweilen schüttet man, wenn es die Umstände zulassen, den Damm erst in einer gewissen Höhe durch, um den Boden durch Druck zu comprimiren und beseitigt ihn dann in der erforderlichen Breite, um die Brücke bauen zu können. Dann macht man möglichst breite (durchgehende) Fundamente oder künstliche Fundirung.

Den Flügel solcher Brücken wird man am besten in der Flucht des Widerlagers fortsetzen, da bei dem starken Schube des Fusses der Dossirungen hoher Dämme gegen die Brückenachse schräge Flügel und noch mehr gerade, in der Richtung der Stirnen angebrachte Flügel der Gefahr der Trennung von den Stirnen ausgesetzt sind.

Bei nicht genügender Festigkeit des Bodens können selbst Brücken von sehr starken Dimensionen dennoch beschädigt werden, wesshalb die Herstellung eines festen Untergrundes sehr wichtig ist.

Die Weite und Höhe von Brücken unter hohen Dämmen ist aus naheliegenden Gründen möglich einzuschränken, event. ist die Weite auf mehrere Oeffnungen zu vertheilen. Der Flachbogen, welcher zuweilen angewendet ist, ist hier eine unmotivirte und nicht angebrachte Construction. Durch eine unvorsichtige einseitige Ueberfüllung kann man die stärksten Bauwerke umstürzen. Man sollte daher auf einer gewissen Länge zu beiden Seiten der Brücken (da auch ein nicht sehr fester Grund durch ein einseitiges Vortreiben verschoben werden kann, so dass selbst ein Pfahlrost sich überneigen kann) die Ausführung schichtweise in dünnen Lagen (1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuss) mit Karren vornehmen, wenn der Regen nicht dichtet, bis zu gewisser Höhe über der Brücke stampfen, und dicht über der Brücke möglichst durchlässiges Material verwenden. Jedenfalls ist die Brücke mit einer Asphaltschicht abzudecken. Hat man durchlässiges Material (Kiesgerölle, Steinpackung), so wird man dies zur besseren Abführung des Wassers zweckmässig zunächst hinter dem Widerlager feststampfen oder festpacken, überhaupt keine Maassregeln zum Abzug von Wasser, Löcher durch die Mauer, wo solches aus dem Damm zu erwarten (z. B. durch Quellen unter dem Damme), versäumen.

Am schwierigsten ist die Herstellung von Brücken mit geneigter Sohle unter einem hohen Damme, der an einem Abhange liegt. Man wird das Fundament der Brücke gehörig eingreifen lassen und beim Herstellen des Dammes alle die Vorsichtsmaassregeln (Abtreppungen des Hanges, Wasserabführen, Vermeiden oder Entwässern von Rutschflächen etc.) anwenden, und dem unteren Theile ein genügendes Contrefort geben. (Vergl. derartige Ausführungen bei den österreichischen Eisenbahnen in dem Werke: „Die österreichischen Eisen-

bahnen, ausgeführt in den Jahren 1857 bis 1867", von C. von Etzel. Wien. Beck'sche Universitäts-Buchhandlung. Bd. VI.)

Chausseebrücken unter hohen Dämmen würde man im Uebrigen etwas schwächer als Eisenbahnbrücken unter gleichen Umständen machen können, da sich bei letzteren erfahrungsmässig die durch Züge verursachten Erschütterungen auch bei hohen Dämmen auf die Brücke fortpflanzen, um so mehr, je weniger fest der Untergrund neben der Brücke ist und daher in Vibration gerathen kann.

Kleinere Brücken lassen sich nach den Dimensionen, welche die Formeln geben, schwieriger dimensioniren, man wird sich daher gern nach ausgeführten Beispielen richten.

Bei Boden von geringerer Tragfähigkeit wird man die Sohle der Fundamente entsprechend verbreitern müssen. Bei festem gewachsenen Boden von genügender Mächtigkeit wird man 3000 bis 4000 Pfund Belastung pro □ Fuss rechnen dürfen, wenn man die ganze über der Breite des Fundaments der Brücke befindliche Schüttung und das Gewicht der Brücke selbst als drückend betrachtet.

Man muss bedenken, dass, weil sich der über solchen Brücken angeschüttete Boden noch längere Zeit setzt, das ganze Gewicht dieses Bodens zum Druck kommen kann, sicher dann, wenn die Brücke künstlich fundirt ist und zu beiden Seiten derselben der Boden den Untergrund comprimirt, während das Prisma über der Brücke von ihr getragen bleibt. Verschieden ist bekanntlich der Fall bei Tunneln, wo man unter beständiger Stützung, welche verhindert, dass der Boden in Bewegung komme, in den gewachsenen Boden hineinarbeitet, wesshalb Tunnel mit grosser Höhe über dem Scheitel weit schwächere Gewölbe und Widerlager erhalten können, als Brücken in Dämmen mit gleich hoher Ueberschüttung.

Bei Brücken unter Dämmen kommt es oft in Frage, ob man sie bis zur Strassenkrone reichen lässt, oder ob man sie (wenn es die Wasserverhältnisse zulassen) mit dem Gewölbe niedriger legt. Im ersteren Falle würden das Gewölbe und Widerlager am kürzesten, die Widerlager und Flügel werden dagegen höher. Im anderen Falle wird die Brücke im Gewölbe und Widerlager länger. Eine vergleichende Kostenberechnung muss das vortheilhafteste Project, welches zwischen den beiden angeführten Fällen liegen kann, ergeben. Bei der Höhe des Gewölbes kann auch in Frage kommen, ob die Brücke nebenbei Durchfahrt ist, die einen Weg unter dem Damme durchführt, wo je nach dem diesen Weg frequentirenden Fuhrwerke eine gewisse Höhe mindestens erforderlich (hohe Omnibus, Heuwagen etc.). Bei den hannoverschen Eisenbahnen sind für solche

Brückthore als Minimum der Höhe auf 5 Fuss Breite zu jeder Seite der Mitte des Weges 14 Fuss vorgeschrieben [1]).

---

[1]) Für die französischen Eisenbahnen ist vorbehältlich abändernder Bestimmungen in besonderen Fällen das Folgende vorgeschrieben: Die Weite von Brückthoren, welche Wege unter der Bahn durchführen, ist für die Hauptstrassen (Routes impériales) 8 Meter (27,4 Fuss), für die Departementsstrassen 7 Meter (24 Fuss), für Haupt-Vicinalwege (Chemin vincinal de grande communication) 5 Meter (17,1 Fuss) und für gewöhnliche Communalwege (simple chemin communal) 4 Meter (15,7 Fuss). Die Höhe im Lichten unter dem Schlussstein muss wenigstens 5 Meter (17,1 Fuss) bei gewölbten Brücken sein, und 4,30 Meter bei Brücken, die aus horizontalen Trägern hergestellt sind. Vergl. auch: Wegebrücken, Brückthore und Rampencanäle, von v. Kaven in Zeitschrift des hannov. Arch.- und Ing.-Vereins. XV. 1869. Abbild., auch in besonderem Abdruck bei Schmorl und v. Seefeld. Hannover 1870.

VII. Tabelle von ausgeführten Eisen-

№	Bezeichnung der Brücken.	1. Lichte Weite Fuss W	2. Pfeil des Gewölbes Fuss f	3. Höhe des Widerlagers Fuss H	4. Höhe des Erdüberdrucks Fuss h	5. Gewölbstärke d ohne Erdüberschüttung berechnet $= \frac{3}{4} + 0{,}0317\,W$ Fuss	6. $\sqrt{1+\frac{h}{16}}$	7. Corrigirte Gewölbstärke für Quader dh $= d\sqrt{1+\frac{h}{16}}$ Fuss	8. Corrigirte Gewölbstärke für sehr feste Backsteine bh $= dh\left(1+\frac{3-dh}{6}\right)$ Fuss
	Hessische Bahnen.								
1	Gundelbach bei Oberzwehren	18	9,00	14,00	33,50	1,321	1,76	2,325	2,586
2	Ahne bei Obervellmar . . .	20	10,00	10,50	37,50	1,384	1,83	2,533	2.730
3	Elsche bei Obervellmar . .	14	7,00	10,00	44,00	1,194	1,936	2,312	2,577
4	Mohnbach bei Kirchditmold	12	6,00	4,00	30,75	1,139	1,709	1,931	2,275
5	Bei Guxhagen	6	3,00	4,00	39,00	0,950	1,854	1,761	2,125
6	Schwarzbach bei Guthagen	40	20,00	10,00	35,00	2,018	1,766	3,564	
7	Zwischen Guntershausen und Guxhagen	18	9,00	10,00	30,00	1,321	1,695	2,240	
	Pfälzische Ludwigsbahn.								
8	Zwischen Neustadt und Kaiserslautern	13,7	6,35	5,50	24,00	1,184	1,581	1,872	
9	Bei Kaiserslautern	17,0	8,50	10,25	27,50	1,289	1.649	2.126	
	Württembergische Staatsbahnen.								
10	Im Katzenloche bei Geislingen	6,3	3,15	7,00	70,00	0,950	2,318	2,232	
11	Ueber die Eyb bei Geislingen	26	13,00	10,00	55,00	1,574	2,106	3,315	Quader-Gewölbe.
12	Im Mühlenthal bei Geislingen	6	3,00	—	78,00	0,950	2,424	2,303	
13	Ueber die Lene	20	10,00	—	42,00	1,384	1,904	2,635	
14	Im Ulmer Thale	12,18	6,09	—	68,00	1,136	2,291	2,603	
	Bayerische Bahnen.								
15	№ VII. geneigte Ebene zwischen Neuenmarkt und Marktschorgast . . .	24	12,00	14,00	74,00	1,516	2,372	3,582	
16	№ VI. daselbst	20	10,00	15,00	41,00	1,384	1,888	2,613	
17	№ V. daselbst	6	3,00	5,00	47,25	0,950	1,987	1,888	

bahnbrücken unter hohen Dämmen.

9. Wirklich vorhandene Gewölbstärke Fuss	10. $\frac{dh}{2}$ Fuss	11. $F + \frac{dh}{2}$ Fuss	12. $\frac{W}{F + \frac{dh}{2}}$	13. Berechnete Widerlagerstärke ohne Erdüberschüttung $e - \left\{0{,}78 + 0{,}16\left(\frac{W}{f + \frac{dh}{2}}\right) + 0{,}024\,H\right\}\sqrt{W}$	14. $\sqrt{h}$	15. $H + f + dh$ Fuss	16. Zusatz $\frac{(H + f + dh)\sqrt{h}}{100} = Z$	17. Totale berechnete Widerlagerstärke $e + Z$	18. Vorhandene Widerlagerstärke Fuss
2,75	1,275	10,275	1,752	5,711	5.788	25,325	1,47	7,181	5,50
2,75	1,413	11,413	1,752	5,867	6,1245	23,033	1,411	7,278	6,00
2,75	1,326	8,326	1,682	4,827	6,6332	19,312	1,281	6,108	6,00
1,50	1,047	4,047	1,703	3,983	5,5452	11,931	0,662	4,615	4,00
1,50	0,989	3,989	1,504	2,736	6,245	8,761	0,547	3,293	3,50
2,00	1,989	21,989	1,812	8,292	5,916	33,564	1,986	10,278	7,50
2,40	1,210	10,210	1,763	5,521	5,478	21,240	1,164	6,688	5,50
1,90	0,936	7,936	1,748	4,412	4,90	13,722	0,672	5,084	5,50
1,60	1,137	9.637	1,764	5,401	5,244	20,876	1,095	6,496	5,20
3,00	1,398	4,548	1,385	2,937	8,366	12,382	1,036	3,973	4,00
4,00	1,989	14,989	1,735	6,620	7,416	26,315	1,952	8,572	8,00
3,00	1,500	4,500	—	—	—	—	—	—	4,00
3,50	1,500	11,500	—	—	—	—	—	—	5,50
3,00	1,641	7,731	—	—	—	—	—	—	5,00
3,50	2,307	14,307	1,677	6,780	8,602	29,582	2,545	9,325	10,00
3,00	1,480	11,480	1,742	6,346	6,403	27,613	1,768	8,114	8,50
2,75	1,098	4,098	1,464	2,778	6,874	9,888	0,680	3,458	6,00

Als Anhang sind hier zur Vergleichung die Dimensionen der Brückengewölbe und Widerlager angeführt, wie solche auf der Brennerbahn in Oesterreich vorgeschrieben sind. So viel bekannt, sind diese Brückengewölbe aus bearbeiteten Bruchsteinen, wenn nicht besonders bemerkt, dass es Quadergewölbe sind, gemauert, wesshalb die Dimensionen derselben immer stärker sind als die hannoversche Formel ergiebt. Die gewölbten Durchlässe dieser Bahn sind in der Regel nach einem Halbkreisbogen ausgeführt, reicht dazu die Höhe nicht aus, so sind auch Gewölbe mit Segmentbögen zulässig. Bei solchen ist aber das Verhältniss der Pfeilhöhe zur Lichtweite, insofern diese 36 Fuss nicht überschreitet, ausschliesslich wie 1 zu 4 festgesetzt und sollen die zu projectirenden Lichtweiten von 3 zu 3 Fuss zunehmend gewählt werden. 3 und 4 Fuss weite Gewölbe sind nur ausnahmsweise für zulässig erklärt, erstere nur da, wo die Beschaffung von 1 Fuss starken Deckplatten schwierig ist. Gewölbte Brücken über 36 Fuss werden dort für jeden Fall besonders bearbeitet.

Die Dimensionen der Gewölbe und Widerlager und deren Verstärkungen unter hohen Dammschüttungen sind aus der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen, aus welcher hervorgeht, dass mit dem Ausdruck „Verstärkung bei Ueberschüttung von 80 Fuss Höhe“ die wirkliche Stärke von Halbkreisbögen und deren Widerlager gemeint sein wird.

VIII. Tabelle

über Dimensionen der Gewölbe auf der Oesterreichischen Brennerbahn.

Lichtweite der Durchlässe.	Segmentbogengewölbe			Halbkreisgewölbe			Verstärkung bei Ueberschüttung von 80 Fuss Höhe.			Relative Zunahme für je 10 Fuss vermehrte Dammhöhe		
	bis zu 10 Fuss Ueberschüttung.											
	Schluss-stein.	Käm-pfer.	Wider-lager.	Schluss-stein.	Käm-pfer.	Wider-lager.	Schluss-stein.	Käm-pfer.	Wider-lager.	Schluss-stein.	Käm-pfer.	Wider-lager.
3	1,0	1,3	3,0	1,0	1,3	2,6	1,3	1,6	3,0	0,04	0,04	0,06
4	1,1	1,4	3,5	1,1	1,4	2,8	1,5	1,8	3,3	0,06	0,06	0,07
6	1,2	1,6	4,0	1,2	1,6	3,2	1,6	2,0	3,7	0,06	0,06	0,07
9	1,4	1,8	4,5	1,4	1,8	3,4	1,8	2,2	4,0	0,05	0,07	[illegible]
12	1,6	2,1	5,5	1,6	2,1	3,8	2,2	2,7	4,5	0,07	0,07	0,10
15	1,8	2,3	6,5	1,8	2,3	4,0	2,7	3,2	5,0	0,11	0,11	0,14
18	2,0	2,5	7,5	2,0	2,5	4,4	3,2	3,7	5,5	0,15	0,15	0,16
21	2,2	2,8	8,5	2,2	2,8	4,8	3,6	4,2	6,0	0,17	0,17	0,17
24	2,4	3,0	9,5	2,4	3,0	5,2	4,0	4,7	6,5	0,20	0,21	0,19
30	2,6	3,3	10,5	2,6	3,3	6,0	4,8	5,6	7,5	0,27	0,30	0,21
36	2,8	3,5	12,0	2,8	3,5	6,6	5,6	6,6	8,5	0,35	0,40	0,27
50	3,5	4,5	15,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	3,75	4,75	18,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
80	—	—	—	4,0	5,5	15,0	Gewölbe aus Quader-Mauerwerk.					
100	4,0	5,5	22,0	—	—	—						
Für Strassenbrücken über die Bahn:												
31	2,0	2,5	8,0	2,0	2,5	6,0	—	—	—	—	—	—

Die Dimension für die Widerlager gilt nur, so lange das Widerlager nicht höher wird als seine obere Stärke, wird es aber höher, so ist es um 0',2 für jeden weiteren Fuss der Höhe zu verstärken.

XIII.

Specielle Instruction

über

das Walzungsverfahren beim Neubau, bei der Deckenbildung und bei den Steinbahn-Reparaturen[1]).

I. Walzungsverfahren beim Neubau.

1) Walzung des Unterbaues.

Nach Vorschrift des §. 149 der allgemeinen technischen Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststrassen wird bei der Walzung des Unterbaues die Walze nicht belastet, kein Bindematerial verwandt und die Walzung nicht bis zur völligen Glättung der Oberfläche fortgesetzt, auch werden die Borde nicht von der Walze berührt und finden im Uebrigen die Vorschriften wegen Walzung des Oberbaues auch auf die Walzung des Unterbaues Anwendung.

In der Regel sind im Inspectionsbezirke leichtere und schwerere Walzen vorhanden und es ist desshalb von Wichtigkeit, dass bei der Auswahl unter den Walzen, mit gehöriger Berücksichtigung der Verschiedenartigkeit der Umstände, unter denen sie verwandt werden sollen, verfahren wird, und zwar sind die leichteren Walzen hauptsächlich auf Neubaustrecken und da zu verwenden, wo das zu dichtende Steinschlagmaterial geringere Festigkeit hat, während die schwereren Walzen bei Decken-Erneuerungen und Steinbahn-Reparaturen und namentlich dann, wenn das Steinschlagmaterial zu den härteren Gesteinsarten gehört, zu benutzen sind.

Ist behuf der Walzung eines Unterbaues eine leichtere Walze nicht disponibel, so dürfen Mühe und Kosten nicht gescheut werden, aus einer im Mantel belasteten Walze die Belastungsstücke zu entfernen.

Da die Kosten des Herausnehmens und Wiedereinsetzens der Belastungsstücke meistens nicht ganz unerheblich sind, so bleibt zu erwägen, ob es vielleicht als vortheilhaft sich herausstellt, eine an sich leichtere Walze aus grösserer Entfernung herbeizuschaffen, statt eine in der Nähe befindliche Walze zu entlasten.

Die im Inspectionsbezirke vorhandenen Walzen werden numerirt und die Gewichte im belasteten und unbelasteten Zustande daran bezeichnet.

Ueber die zeitweilige Verwendung der Walzen wird bei der Inspection ein Verzeichniss geführt, zu welchem Zwecke die Aufseher, unter Angabe der Nummer sofort bei der Inspection Anzeige davon zu machen haben, wenn sie eine Walze

[1]) Durch die Güte des Herrn Wegbau-Inspectors Voigts in Hannover uns mitgetheilt.

abgeben oder wenn eine Walze auf längere Zeit in dem betreffenden Aufseherbezirke ausser Thätigkeit kommt, in welchem letzteren Falle auch der augenblickliche Standort der Walze anzugeben ist.

Die Abgabe einer Walze aus einem Aufseherbezirke in einen andern hat der die Verwendung beabsichtigende Aufseher, unter Bezeichnung solcher Verwendung, bei der Inspection zu beantragen, sofern die Sache nicht durch Verabredung unter den betreffenden Aufsehern sich arrangiren lässt.

Ist die Abgabe einer Walze von der Inspection angeordnet, so bedarf es wegen der geschehenen Abgabe der sonst erforderlichen Anzeige nicht.

Die Walzung des Unterbaues soll vorschriftsmässig nicht zur Glättung der Oberfläche fortgesetzt werden.

Wenn bei der Walzung erhebliche Verdrückungen im Unterbau nicht mehr vorkommen und die Steine sich so weit gelagert haben, dass selbst die Steine der oberen Schicht sich nicht mehr aus ihren Lagen herausnehmen lassen, ohne dagegen einigen Widerstand zu bieten, so ist die Walzung des Unterbaues als genügend anzusehen.

Besteht der Unterbau aus Grand, so ist eine genügende Lagerung des Materials daran zu erkennen, dass dasselbe vor der übergehenden Walze sich nicht bemerkbar mehr verschiebt und dass zugleich eine erhebliche Milderung des Geräusches sich wahrnehmen lässt, welches die aneinander sich reibenden Steine verursachen.

Der Unterbau darf bei der Walzung nicht angefeuchtet werden, um eine schädliche Einweichung des Untergrundes zu vermeiden, vielmehr ist darauf zu halten, dass die Walzung des Unterbaues möglichst bei trockener Witterung geschieht, namentlich auf thonigem und lehmigem Boden.

Wenn bei der Walzung stellenweise Boden aus dem Untergrunde durch den Unterbau dringt, so sind die betreffenden Stellen des letzteren herauszunehmen, mit reinem Steinschlage wieder zu füllen und zu stampfen.

Die Festigkeit des Unterbaumaterials wird in den meisten Fällen zwischen 3000 bis 8000 Pfund pro Quadratzoll schwanken.

Die Kosten der Walzung stehen keineswegs im gleichen Verhältniss zu der Festigkeit des Materials, wie das auch schon aus der Verschiedenheit in der mineralogischen Beschaffenheit der Steine und aus dem Umstande sich erklärt, dass die festeren Steine feiner zerschlagen werden, als die weicheren.

Es darf indessen angenommen werden, dass die Walzungskosten auf 7 Pfenninge bis 1 Groschen pro Kasten des verwendeten Unterbaumaterials sich belaufen, die Kosten der Bespannung zu $1\frac{1}{3}$ Thaler pro Pferd und die Belegenheit der zu walzenden Steinbahn in der Ebene angenommen.

Die unbelastete Walze von 90 bis 100 Centner Gewicht ist bei der Walzung des Unterbaues während $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Dauer der Walzung mit 6 Pferden und im Uebrigen mit 4 Pferden zu bespannen, so dass also die täglichen Kosten

der Bespannung der Walze, bei $1\frac{1}{3}$ Thaler pro Tag und Pferd, auf durchschnittlich etwa 6 Thaler sich herausstellen.

Die Walzung eines Unterbaues von einer festeren Materialart, würde bei 16 Fuss (oder 1 Ruthe) Breite, wofür ein Material-Quantum von 10 Kasten pro lfde. Ruthe erforderlich sein wird, nach den vorstehenden Angaben etwa 10 Groschen pro lfde. Ruthe, also abgerundet 36 Thaler auf 110 lfde. Ruthen kosten, und da die Bespannung durchschnittlich 6 Thaler pro Pferd kostet, so würde der 110 Ruthen lange, 16 Fuss breite Unterbau 6 Tage lang zu walzen sein.

Die tägliche Arbeitszeit zu durchschnittlich 8 Stunden angenommen, wird eine Walze auf einer zu walzenden Steinbahnlänge von 100 Ruthen im Ganzen täglich etwa 2400 Ruthen lang bewegt, wobei etwa $\frac{1}{3}$ der Arbeitszeit durch das Umspannen erforderlich wird.

Die Geschwindigkeit der Walze ergiebt sich darnach zu 2 Fuss pro Secunde und die Zahl der Uebergänge über die Bahn zu täglich 24. Bei einer Breite der Walze von $3\frac{2}{3}$ Fuss kommen also auf jeden Theil der 16füssigen Steinbahnbreite etwa $5\frac{1}{2}$ Uebergänge täglich.

Liegt die zu walzende Bahn in einer Ansteigung (bis zu $\frac{1}{20}$), so können die Kosten der Walzung bis zum $1\frac{1}{2}$fachen Betrage der Walzungskosten in der Ebene sich steigern.

Selbstverständlich können die vorstehenden Angaben nur einen Anhalt bieten für die Beurtheilung des erforderlichen Umfanges der Walzung.

2) Walzung des Oberbaues.

Die Paragraphen 150 bis incl. 162 der technischen Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststrassen enthalten die Vorschriften bezüglich des Verfahrens beim Walzen des Oberbaues, deren genaue Beobachtung den Aufsehern hiermit zur strengsten Pflicht gemacht wird.

Bei Anwendung mehrerer Walzen (§. 152 der techn. Anweis.) ist darauf zu halten, dass die Walzen im Gewichte nicht erheblich von einander differiren, weil sonst die Wirkung der Walzen im Verschieben und Niederdrücken des Steinschlags, zu verschiedenartig ist, und desshalb die Wirkung der leichteren durch die Wirkung der schwereren Walze mehr oder weniger aufgehoben wird.

Aus gleicher Rücksicht erscheint es auch in hohem Grade wichtig, dass die Belastung der Walzen, bei fortschreitender Consolidation des Steinschlags, eine ganz allmähliche ist (conf. §. 156 der techn. Anweis.).

Der rasche Erfolg der Walzung ist in erheblichem Maasse abhängig von der sorgsamen und rechtzeitigen Ausführung der dabei erforderlichen Manipulationen und wird desshalb die genaue und umsichtige Beachtung der in den §§. 158, 159 und 160 der technischen Anweisung enthaltenen Vorschriften ganz besonders zur Pflicht gemacht.

Die Festigkeit des zum Oberbau zur Verwendung kommenden Materials

wird etwa zwischen 6000 und 21,000 Pfund pro □Zoll schwanken und mögen die Kosten der Bespannung der Walze behuf gehöriger Dichtung des Oberbaues von 2 bis 6 Groschen pro Kasten des verwendeten Materials betragen.

Es kann angenommen werden, dass etwa nach Verlauf des dritten Theiles der ganzen Zeitdauer der Walzung die unteren Lagen des Oberbaues so weit befestigt sind, dass mit dem Einstreuen des Füllmaterials begonnen werden darf.

Das Füllmaterial darf im Quantum höchstens $^1/_6$ des zu dichtenden Steinschlages betragen und darf davon bei den aufeinander folgenden Einstreuungen jedes Mal höchstens $^1/_4$ verwendet werden, weil stärkere Einstreuungen von Füllmaterial leicht zur Folge haben, dass die Zwischenräume der oberen Schicht sofort verstopft werden und dann das Füllmaterial nicht in die unteren Schichten gelangen kann, und dass die grösseren Zwischenräume der oberen Schicht nicht mehr, wie es erforderlich ist, mit Steinschlag ausgefüllt werden können.

Das Ausfüllen der Zwischenräume der oberen Schicht mit Steinschlag (das sog. Ausfüttern) muss mit besonderer Sorgfalt geschehen.

Der geeignete Zeitpunkt zum Ausfüttern ist gekommen, wenn die unteren Lagen der Decke sich gelagert haben, also kurz vor Beginn und während des Einstreuens des Füllmaterials.

Eine Hauptregel bei der Ausfütterung ist die, dass jeder Zwischenraum in der oberen Deckenschicht, in welchem noch ein Steinschlagkorn Platz findet, mit Steinschlag und nicht mit Steinsplittern oder Bindematerial ausgefüttert werden muss, um zu erzielen, dass die Steine der oberen Schicht gleichmässig dicht liegen und auf die Weise die Decke überall möglichst gleichen Widerstand gegen die Abnutzung bietet, was natürlich sehr wichtig ist, weil eine gleichmässige Abnutzung durch gleichmässige Widerstände in der Bahn bedingt wird.

Zur Ausfütterung ist mindestens $^1/_2$ Kasten Steinschlag pro □Ruthe Steinbahnfläche bei der Deckenschüttung zu reserviren.

Beim Verbauen des Bindematerials (§. 160 der techn. Anweis.) ist zu beobachten, dass das Einfegen des Bindematerials nur nach einer Richtung geschieht, da das Hin- und Herfegen leicht bewirkt, dass die bereits gelagerten Steine sich wieder lösen.

Zu den gedachten Manipulationen sind bei jeder Walze mindestens 8 Mann erforderlich.

Die Annässung des Steinschlages der Decke beim Neubau (§. 157 der techn. Anweis.) muss mit besonderer Vorsicht geschehen, damit bei möglichst vollkommener Erreichung des Zweckes: die Wirkung der Walzung zu fördern, die nachtheilige Einweichung des Untergrundes vermieden wird.

Angenommen, dass eine 16 Fuss breite Decke von 7 Kasten der härtesten Materialart zu dichten sei, so wird die Bespannung der Walzen auf 100 Ruthen Länge etwa 140 Thaler kosten.

Von der Möglichkeit der grösseren oder geringeren Belastung der Walze

ist es natürlich abhängig, ob die Bespannung der Walze zu Anfang der Walzung eine stärkere sein muss, als im weiteren Verlaufe derselben.

Wünschenswerth ist es aber, dass die mögliche Veränderung im Gewichte der Walze so bedeutend ist, dass dabei die Bespannung eine gleichmässige sein kann, weil, wie bereits erwähnt, eine ganz allmähliche Belastung der Walze der Wirkung der Walzung förderlich ist.

Für eine gut construirte Walze ist es desshalb eine wesentliche Bedingung, dass sie eine Belastung im möglich grossen Umfange und in möglichst leicht zu beschaffender Weise zulässt.

Man kann indessen nicht sagen, dass selbst dann, wenn solcher Bedingung genügt wird, mit einer gleichmässigen Bespannung von 4 Pferden gleiche Wirkung erzielt wird, als wenn man nach Construction und Gewicht der Walze dieselbe anfänglich mit 6 Pferden und später mit 4 Pferden zu bespannen hat. In dem gedachten günstigen Falle ergiebt sich jedoch ein Vortheil, der als unzweifelhaft bereits erkannt ist, zu dessen näheren Angabe nach Procentsätzen es indessen noch sorgfältiger Beobachtungen und vielseitiger Erfahrungen bedarf.

Unter solchen Umständen werden hier, wie bei der Walzung des Unterbaues, die durchschnittlich täglichen Kosten der Bespannung der Walze zu 6 Thaler angenommen.

Die Dichtung einer 16 Fuss breiten, 100 Ruthen langen Decke von 7 Kasten Hartstein würde also mit einer Walze etwa 23 Tage lang zu walzen sein.

Unter gleichen Voraussetzungen, wie solche auf Seite 550 gemacht sind, würde die Walze in 23 Tagen einen Weg von im Ganzen 55,200 Ruthen zurücklegen und jeder Theil der 16 Fuss breiten Bahn von 126 Uebergängen getroffen werden.

Bei Walzungen auf Ansteigungen nehmen die Walzungskosten etwa in gleichem Maasse zu, wie bezüglich der Walzung des Unterbaues angegeben ist.

Die Kosten des Wassertransports behuf der Annässung des Steinschlages mögen durchschnittlich $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Kosten der Walzenbespannung betragen. — Dabei sind jedoch die Kosten der Füllung der Wassergefässe nicht mit berücksichtigt.

Die vorstehenden Angaben über die Kosten und den Umfang der Walzung der Decken haben gleichen Zweck mit den ähnlichen Angaben bezüglich der Walzung des Unterbaues.

Die Aufseher werden hiermit angewiesen, bei jeder grösseren Walzung über deren allmählichen Fortschritt genaue Beobachtungen anzustellen, die Zahl der Uebergänge bei den verschiedenen Stadien der fortschreitenden Dichtung des Steinschlages zu notiren und sofern erhebliche Abweichungen von den in dieser Instruction enthaltenen bezüglichen Angaben bemerkt werden, nach den dabei zum Grunde liegenden Umständen zu forschen und über die gemachten bemerkenswerthen Beobachtungen und Erfahrungen an die Inspection zu berichten.

II. Walzungsverfahren bei Steinbahn-Reparaturen.

1) Walzung neuer Decken.

Das Walzungsverfahren bei Herstellung neuer Decken unterscheidet sich nicht wesentlich von dem Walzungsverfahren bei Herstellung des Oberbaues, und zwar namentlich dann nicht, wenn die Decken mindestens 3 Zoll Stärke haben.

Bei schwächeren Decken ist besonders zu beobachten, dass die Steine beim Verbauen gehörig aneinander geschoben werden (am besten mit dem Rücken der Schlammkratze, oder eisernen Harke), weil dadurch die Lagerung der Steine erleichtert und auch an den Kosten der Ausfütterung möglichst gespart wird.

Bei Decken-Erneuerungen, namentlich bei der Herstellung schwächerer Decken, sind die Walzen von vornherein schwerer zu belasten, als bei Neubauten.

Die bei der Dichtung des Oberbaues auf Neubaustrecken zur Vermeidung einer nachtheiligen Erweichung des Untergrundes beim Annässen des Steinschlages zu beobachtende Vorsicht, ist natürlich bei der Decken-Erneuerung auf festen alten Bahnen nicht erforderlich.

Die im §. 371 der techn. Anweis. enthaltenen Vorschriften sind in den Fällen, für welche sie gegeben, mit besonderer Sorgfalt zu beachten, weil dadurch die Dichtung der Decken wesentlich gefördert wird.

Das vorgeschriebene Anhauen der alten Bahn vermindert nicht nur die leichte Verschiebbarkeit des Steinschlages unter der Walze, sondern es wird dadurch, wie leicht erklärlich, auch die nützliche Wirkung des Annässens des Steinschlages und der Bahn möglichst erhöht.

2) Walzung der Steinbahn-Reparaturen.

Wie bei schwachen Decken ist auch bei den Reparaturen besonders darauf zu achten, dass die verbauten Steine gehörig aneinander geschoben werden.

Da vorschriftsmässig die Reparaturen, namentlich auf Hartsteindecken, im Herbste und gegen das Frühjahr ausgeführt werden, also zu nassen Zeiten, wo die Steinbahnen in eingeweichtem Zustande sich befinden, so sind die darnach rechtzeitig ausgeführten Reparaturen ohne Anwendung von Bindematerial dicht zu walzen, weil das Bindematerial in gedachten Fällen nicht allein überflüssig ist, sondern sogar durch Beförderung des bei nasser Witterung ohnehin leicht vorkommenden Aufwickelns der oberen Steinbahntheile auf den Rädern der Fuhrwerke in hohem Grade nachtheilig werden kann.

XIV.

Kosten verschiedener beim Chausseebau vorkommenden Arbeiten, zum Gebrauch beim Veranschlagen [1].

(Die Fussmaasse sind hannoversche.)

A. Planumsarbeiten.

Die Herstellung eines Chausseeplanums wird bei geringen Auf- und Abträgen gewöhnlich nach laufenden Ruthen (Metern), bei grösseren Auf- und Abträgen nach Schachtruthen (Cub.-Metern) berechnet. Die zu zahlenden Preise sind verschieden, je nach der Bodenart und Transportweite und entsprechen denen auf pag. 406 angegebenen. Die Transportpreise sind, wie auf pag. 408 angegeben, zu berechnen. Beim Chausseebau hat man oft bei Karrentransport die ersten 5 Ruthen mit 5 *sgr*, jede folgenden 5 Ruthen mit 2 *sgr* mehr bezahlt. Die Formel auf pag. 408 wird dann also $p = 5 + 0{,}1\,x$ *sgr*.

Für die Nebenarbeiten pflegt bezahlt zu werden:

		sgr		sgr
Einen oben 8 Fuss ($2^m{,}37$) breiten, 2 Fuss ($0^m{,}584$) tiefen Graben herzustellen	pr. lfde. Ruthe	3-5	pr. lfden. Meter	0,61–1,07
Soden zu stechen	„ □ Ruthe	3,5–5	„ □ Meter	0,16–0,23
Desgl. und den Rasen seitwärts aufzustapeln	„ □ Ruthe	7,5	„ □ Meter	0,34
Böschungen mit Rasen flach zu belegen	„ □ Ruthe	2,5–5	„ □ Meter	0,12–0,24
Die Strasse nach Vollendung der Steinbahn aufzuräumen, die Gräben nachzureguliren und die genauen Profile in den Banketts herzustellen	„ lfde. Ruthe	10	„ lfden. Meter	2,14
Böschungen der Einschnitte und Dämme nachzureguliren und zu besäen	„ □ Ruthe	2,5–5	„ □ Meter	0,12–0,23
Lebendige Hecken auszuroden	„ lfde. Ruthe	5	„ lfden. Meter	1,07
Forstgrund, die Stuken (Wurzelstöcke) auszuroden	„ □ Ruthe	15–20	„ □ Meter	0,69–0,92

[1]) Wir verdanken diese Mittheilungen, welche sich auf in der Provinz Hannover gemachte Ausführungen stützen, der Güte des Herrn Wegbau-Inspectors Borchers in Hannover.

B. Steinbahnbildung.

1) Steinschlagbahnen.

a. Material-Quantitäten.

	pro lfde. Ruthe. Kasten	pro lfden. Meter. Cub.-Meter.
Zur Steinschlagbahn, an Kantensteinen[1]) von 3 bis 6 Zoll (7,3 bis 14,6 Centim.) Dicke, 10 bis 14 Zoll (24,3 bis 34,1 Centim.) Höhe sind erforderlich	1,5 — 2	0,128 — 0,171
Zum Hochbord (bei erhöhten Fusswegen), an 2 bis 3 Zoll (4,86 bis 7,29 Centim.) dicken, 12 bis 14 Zoll (29,21 bis 34,08 Cent.) hohen Hochbordsteinen...........	0.25 — 0,33	0,0213 — 0,0284
Desgl. an 3 bis 4 Zoll (7,30 bis 9,74 Centim.) starken, 12 — 14 Zoll (29,21 bis 34,08 Centim.) hohen Hochbordsteinen........................	0,50	0,0427
Zur Steinschlagbahn von durchschnittlich 9 Zoll (21,91 Centim.) Stärke, und zwar von 8 Zoll (19,47 Centim.) Stärke am Bord, 10 Zoll (24,34 Centim.) Stärke in der Mitte sind erforderlich bei 10 Fuss (2m,921) Breite		
an Unterbaumaterial......................	5 — 6	0,427 — 0,512
„ Deckmaterial	4 — 5	0,341 — 0,427
„ Bindematerial.........................	0,5	0,0427
Desgl. bei 12 Fuss (3m,505) Breite		
an Unterbaumaterial...........	6	0,512
„ Deckmaterial	5 — 6	0,427 — 0,512
„ Bindematerial.........................	0,5	0,0127
Desgl. bei 14 Fuss Breite		
an Unterbaumaterial......................	8 — 9	0,682 — 0,768
„ Deckmaterial	6	0,512
„ Bindematerial...........	0,5	0,0427
Desgl. bei 16 Fuss Breite		
an Unterbaumaterial.	10 — 12	0,853 — 1,024
„ Deckmaterial..........................	6	0,512
„ Bindematerial........	0,75	0,064
Desgl. bei 18 Fuss Breite		
an Unterbaumaterial......................	12 — 14	1,024 — 0,194
„ Deckmaterial	7	0,597
„ Bindematerial.........................	0,75	0,064

[1]) Nach neuerer Verfügung vom 25. Juni 1869 sollen Kantensteine nur dann gesetzt werden, wenn sie aus dem gewöhnlichen, zur Verfügung stehenden Unterbaumateriale auszusuchen sind, besondere Kosten sollen für die Anschaffung von Kantensteinen nicht aufgewendet werden, auch sollen die Kantensteine 3 Zoll (7,3 Centimeter) niedriger gesetzt werden als die Steinbahn-Oberkante.

Zur Steinschlagbahn von durchschnittlich 9 Zoll Stärke wie vorhin sind erforderlich bei 20 Fuss Breite	pro lfde Ruthe. Kasten.	pro lfden. Meter. Cub.-Meter.
an Unterbaumaterial	14 — 16	1,191 — 1,365
„ Deckmaterial	8	0,682
„ Bindematerial	1	0,0853

b. Handarbeitskosten.

	pr. Faden. $\mathcal{S}$	pr. Cub.-Meter. sgr
Lagerhafte Bruchsteine in Haufen von 64 Cubikfuss = 4 Kasten (= 1mc,595) aufzuruthen	1⅓	1,568
Desgl. nicht lagerhafte	1½	1,75
Desgl. Kiesel (nordische Geschiebe)	1½	1,75
Desgl. theure, nicht lagerhafte Bruchsteine (weil sorgfältig aufzuruthen)	1⅔ – 2	1,96 — 2,35
	pr. Kasten. sgr	**pr. Cub.-Meter. sgr**
Groben Grand zu messen	0,6	1,51
Feinen Grand desgl.	0,5	1,25
Lehm desgl.	0,4	1,00
Sand desgl.	0,3	0,75
Erdkasten nach der Schablone zu reguliren,	**pr. lfd. Ruthe. sgr**	**pr. lfd. Meter. sgr**
bei 10 Fuss breiter Steinbahn	3	0,64
„ 12 „ „ „	4	0,86
„ 14 „ „ „	5	1,07
„ 16 „ „ „	6	1,28
„ 18 „ „ „	7	1,50
„ 20 „ „ „	7,5	1,61
Doppelte Kantensteinreihe von Bruchsteinen zu bearbeiten und zu setzen	7,5 – 10	1,61 — 2,14
Desgl. desgl. von Kieseln (nordischen Geschieben)	12,5 – 15	2,68 – 3,21
Erhöhtes Bord zu setzen	5	1,07
Unterbau von Sand oder Kalk-Bruchsteinen zu bilden, das Material in 6 bis 10 Cubikzoll (86,52 bis 144,2 Cub.-Centim.) grosse Stücke zu zerschlagen und zu verbauen,		
bei 10 Fuss (2m,92) Breite der Bahn	10 – 12	2,14 — 2,57
„ 12 „ (3m,51) „ „ „	12 — 15	2,57 — 3,21
„ 14 „ (4m,09) „ „ „	16 — 20	3,42 — 4,28
„ 16 „ (4m,67) „ „ „	20 — 25	4,28 — 5,35
„ 18 „ (5m,26) „ „ „	25 — 30	5,35 — 6,42
„ 20 „ (5m,84) „ „ „	28 — 35	6,00 — 7,49

	pro Kasten.	pro Cub.-Meter.
	sgr	sgr
Sandsteine in vorgeschriebener Grösse von 6 bis 10 Cubikzoll (86,52 bis 144,2 Cub.-Centim.) zum Unterbau zu zerschlagen	2	5,02
Kalksteine desgl. desgl.	2,5	6,27
Kiesel desgl. desgl.	3 — 5	7,52 — 12,54
	pro Faden.	**pro Cub.-Meter.**
	ß	sgr
Muschelkalkstein zur Decke nach einem Würfel von 1½ Zoll Seite zu zerschlagen	8	9,41
Grobkörnigen Muschelkalk desgl.	7⅙	8,43
Portlandkalkstein desgl.	6½ – 8	7,64–9,41
Corallenkalk desgl.	6½	7,64
Corallenkalk desgl. zur Reparatur desgl.	7½	8,82
Grauwackensandstein zur Decke desgl.	16	18,82
Desgl. zur Reparatur desgl.	19⅕	22,57
Basalt desgl. desgl.	19⅕	22,57
Keupersandstein desgl. desgl.	19⅕	22,57
Kiesel (nord. Geschiebe) desgl. desgl.	10 — 12	11,76—14,12
Groben Grand desgl. desgl.	8—10⅔	9,41—12,51
Gewöhnlichen Sandstein zu Bindematerial fein zu zerschlagen	16	18,82
Zerschlagene Kalksteine in Decken zu verbauen [1] [1])	2²/₁₅—3⅕	2,51—3,76
Desgl. in Reparaturen zu verbauen [2]	4⁴/₁₅	5,02
Desgl. Hartsteine (Grauwacke, Basalt, Keupersandstein) vor dem Verbauen zu sieben	3⅕	3,76
Zerschlagene Hartsteine zu verbauen, zu Decken	2²/₁₅	2,51
„ „ „ „ „ Reparaturen	4⁴/₁₅—7⁷/₁₅	5,02—8,78
Zerschlagene Kiesel (nordische Geschiebe) oder groben Grand in Decken zu verbauen	2²/₁₅—3⅕	2,51 – 3,76
Desgl. desgl. zu Reparaturen zu verbauen	4⁴/₁₅—5⅓	5,02 – 6,27
	pr. lfd. Ruthe.	**pr. lfd. Meter.**
Abschlämmen fertiger Bahnen: den Schlamm abziehen, in Haufen bringen und bei der Abfuhr aufzuladen, bei einer Breite der Steinschlagbahn	₰	₰
von 12 Fuss (3^m,51)	4	0,86
„ 14 „ (4^m,09)	5	1,07
„ 16 „ (4^m,67)	6	1,28
„ 18 „ (5^m,26)	7	1,50
„ 20 „ (5^m,84)	8	1,71

---

[1]) Die in Klammern gedruckten Zahlen beziehen sich auf die „Erläuterungen" pag. 568.

	pr. lfd. Ruthe. sgr	pr. lfd. Meter. sgr
Bankett nach der Linie zu entgrasen und zu planiren	3 — 4	0,64 — 0,86
Sommerweg desgl. desgl.	4 — 5	0,86 1,07
Fertige Strasse während des ganzen Jahres in Ordnung zu halten, Rollsteine abzulesen, Spursteine auszulegen, Fuss- und Sommerweg zu entgrasen [3]	2 — 3	0,43 — 0,64

2) Pflasterbahnen.

a. Material-Quantitäten.

Die Sandbettung der Steinpflasterbahnen richtet sich nach dem Untergrunde, sie wird 12 — 16 Zoll (29,21 — 38,95 Cent.) hoch hergestellt, es sind danach pro □ Ruthe Pflaster 1 — 1$^1/_3$ Schachtruthen Sand erforderlich (pro □ Meter 0,292 — 0,389 Cubikmeter).

Klinkerpflaster erfordert ein 1$^1/_2$ — 2 Fuss (43,8 — 58,4 Cent.) hohes Sandbett oder pro □ Ruthe 1$^1/_2$ — 2 Schachtruthen Sand (pro □ Meter 0,438 — 0,584 Cubikmeter).

Schiebepflaster erfordert pro □ Ruthe 8 — 9 Kasten Pflastersteine von 6 — 8 Zoll (14,60 — 19,47 Cent.) Höhe und in der Kopffläche mindestens 16 □ Zoll (94,78 □ Cent.) höchstens 64 □ Zoll (379,14 □ Cent.) Grösse (pro □ Meter 0,146 — 0,164 Cubikmeter) [4].

Rippenpflaster erfordert an Steinen der eben angegebenen Grösse pro □ Ruthe 8 — 9 Kasten (pro □ Meter 0,146 — 0,164 Cubikmeter).

Reihenpflaster erfordert pro □ Ruthe 9 — 11 Kasten, durchschnittlich 10 Kasten (pro □ Meter 0,164 — 0,201, durchschnittlich 0,183 Cubikmeter) Pflastersteine von

4 — 6 Zoll (9,74 — 14,60 Cent.) Breite,
6 — 9 „ (14,60 — 21,91 „) Länge,
6 — 8 „ (14,60 — 19,47 „) Höhe.

Klinker-Pflaster-Bahnen erfordern im Durchschnitt pro laufende Ruthe auf jeden Fuss der Bahnbreite 100 Stück Klinker von 9$^5/_8$ Zoll (23,43 Cent.) Länge, 4$^5/_8$ Zoll (11,26 Cent.) Breite, 2$^1/_8$ Zoll (5,17 Cent.) Dicke, excl. Bordsteine (pro □ Meter 73,25 Stück). Die Borde werden aus Kieseln oder aus Klinkern hergestellt.

Zum Kieselborde solcher Bahnen sind erforderlich pro laufende Ruthe 1$^1/_2$ — 1$^3/_4$ Kasten 3 — 4 Zoll (7,30 — 9,76 Cent.) starke, 10 — 14 Zoll (24,34 — 34,08 Cent.) hohe Bordsteine (pro laufenden Meter 0,128 — 0,149 Cubikmeter).

Zum Klinkerborde sind pro laufende Ruthe Bahn 120 Stück Klinker erforderlich (pro laufenden Meter 25,68 Stück).

b. Steinpflaster-Arbeiten.

	pro □ Ruthe. ₰	pro □ Meter. sgr
Steinpflaster aufzubrechen, die Steine zu sortiren und seitwärts abzulagern	1/2	0,687
Das Sandbett der Pflasterbahn zuzurichten, das heisst: den Sand einzubringen, das Sandbett zu reguliren, einzuschlämmen und abzurammen	1/2	0,687
Schiebe- oder Rippenpflaster herzustellen und abzurammen, excl. Zurichtung des Sandbettes	2 1/2	3,435
Reihenpflaster desgl. desgl.	3	4,122
Das Sandbett einer Klinkerbahn herzustellen, abzurammen, einzuschlämmen, nöthigenfalls zu walzen und nach der Schablone zu ebnen, kostet	1	1,374
Klinkerpfaster herzustellen, incl. Einschlämmens des Pflasters, je nachdem die Arbeiter geübt sind	1 1/6 – 1 2/3	1,60–2,29.

3) Walzungskosten.

Die Handarbeitskosten [5] beim Festwalzen des verbauten Steinschlages betragen:

a. Bei Decken.

	pro Faden. ₰	pro Cub.-M sgr
Für Muschelkalk, Korallenkalk, Portlandkalkstein und sonstige Kalksteinarten, incl. Füllen der Wassertonnen	3 2/3	3,136
Für Hartsteine (Grauwacke, Basalt, Keupersandsteine) desgl.	3 1/2	4,116
Für Kiesel, desgl.	3	3,528

b. Bei kleinen Reparaturen.

Für Kalkstein, desgl. desgl.	2	2,352
Für Kieselstein, desgl. desgl.	2 1/2	2,940
Für Hartsteine, desgl. desgl.	3	3,528

Es kostet ferner das Festwalzen des Unterbaues an eigentlichen Walzungskosten [6]:	pro lfde. Ruthe. sgr	pro lfdn. Meter. sgr
bei 10 Fuss ($2^m,92$) Breite	5	1,07
„ 12 „ ($3^m,51$) „	7,5	1,61
„ 14 „ ($4^m,09$) „	10	2,14
„ 16 „ ($4^m,67$) „	15	3,21
„ 18 „ ($5^m,26$) „	17,5	3,75
„ 20 „ ($5^m,84$) „	20,0	4,28

Das Festwalzen der Oberdecke von Hartsteinen kostet:	pro lfde. Ruthe. ₰	pro lfdn. Meter. sgr
bei 10 Fuss ($2^m,92$) Breite	$^5/_6$	5,35
„ 12 „ ($3^m,51$) „	1	6,42
„ 14 „ ($4^m,09$) „	$1^1/_6 - 1^1/_3$	7,49 — 8,56
„ 16 „ ($4^m,67$) „	$1^1/_2$	9,63
„ 18 „ ($5^m,26$) „	$1^2/_3$	10,70
„ 20 „ ($5^m,84$) „	2	12,84
Kieselsteindecke von 10 — 20 Fuss Breite ($2^m,92$ — $5^m,84$) kostet nach demselben Verhältnisse festzuwalzen	$^2/_3 - 1^2/_3$	4,28—10,7
Kalksteindecke desgl. desgl.	$^5/_{12} - 1^1/_3$	2,68—8,56.

In Flicken verbautes Reparaturmaterial von Hartsteinen festzuwalzen kostet pro Faden 5 ₰ (pro Cubikmeter 5,88 sgr), also nach dem Vorgehenden im Ganzen mit Handarbeitskosten 5 + 3 = 8 ₰.

4) Brücken und Canäle.

Die beim Chausseebau vorkommenden kleineren Canäle werden je nach dem zur Verfügung stehenden Material construirt. In Gegenden, welche Bruchsteine und Platten bieten, führt man die Fundamente und Seitenmauern aus Bruchsteinen auf und überdeckt sie mit Platten[1]).

Solche 2 — 3 Fuss ($0^m,584$ — $0^m,876$) im Quadrat weite Canäle erhalten 2 Fuss ($0^m,584$) starke Seitenmauern, 3 Fuss ($0^m,876$) breite, 1 Fuss ($0^m,292$) hohe Fundamente, und werden mit 6 — 9 Zoll (14,60 — 21,91 Cent.) starken Platten abgedeckt. Bei Weiten über $2^1/_2$ Fuss unterstützt man die Platten durch Kragsteine.

Solche Canäle kosten pro laufenden Fuss incl. aller Materialien $1^1/_3$ — $1^1/_2$ ₰ (pro laufenden Meter 4 ₰ 8 sgr — 5 ₰ 4 sgr), jedoch ohne Erdarbeit, die nach Umständen, z. B. Tiefenlage, Beschaffenheit des Bodens etc. verschieden kostet.

Im Einzelnen pflegt zu kosten:

Ein Cubikfuss Fundamentmauerwerk in Kalkmörtel, Arbeitslohn 5 — 6 ₰ (pro Cubikmeter 20 — 24 sgr).

Ein Cubikfuss Seitenmauerwerk desgl. 7 — 9 ₰ (pro Cubikmeter 28 — 36 sgr).

Ein □ Fuss Platten, zu bearbeiten und zu verlegen 1 — $1^1/_2$ sgr (pro □ Meter 11,73 — 17,59 sgr).

Ein laufender Fuss 6 Zoll (14,60 Cent.) starke, $1^1/_2$ — 2 Fuss ($0^m,438$ — $0^m,584$) breite Kragsteine zu bearbeiten und zu verlegen $3^1/_2$ sgr (pro laufenden Meter 12 sgr).

---

1) Siehe Anschläge von Brücken und Canälen, und Zeichnungen derselben in der Zeitschrift des hann. Arch.- und Ingen.-Vereins, 1869, in dem Aufsatze: „Ueber Wegebrücken, Brückthore und Rampencanäle" von v. Kaven. Auch als Extraabdruck bei Schmorl & v. Seefeld in Hannover erschienen.

Einen laufenden Fuss 2 Fuss ($0^m,584$) breiter Flügeldeckplatten zu bearbeiten und zu verlegen 5 sgr (pro laufenden Meter 17,12 sgr).

In Gegenden, wo Bruchsteine nicht zur Verfügung stehen, werden solche Canäle als Plattencanäle (d. h. alle 4 Seiten aus Platten) oder aus Backsteinen gewölbt hergestellt.

Solche Plattencanäle, von 2 — 3 Fuss Quadrat im Lichten weit, kosten pro laufenden Fuss, incl. Verlegen, jedoch ohne den Transport zur Baustelle und ohne Erdarbeit 1 ℛ (pro laufenden Meter 13 ℛ 13 sgr).

Der laufende Fuss Canal aus sogenannten Krippensteinen (ein halbrund ausgehöhlter Bodenstein und ein desgl. Deckstein), welche also eine aussen vierkantige, im Lichten 2 Fuss runde oder auch eine 2 Fuss weite, $2^1/_2$ Fuss im Lichten hohe (elliptische) Röhre bilden, kostet $1^2/_3$ — 2 ℛ (der laufende Meter 5 ℛ 20 sgr bis 6 ℛ 25 sgr) ohne Erdarbeit.

Bei einer im Bremen'schen ausgeführten grösseren Canalisirung erhielten die Canäle ein Gefälle von $^1/_{1200}$, waren von ovalem Querschnitt $2^1/_2$ Fuss hoch ($0^m,73$) und 2 Fuss ($0^m,584$) weit, und von $^1/_2$ Backstein ($4^5/_8$ Zoll) Wandstärke. Es waren erforderlich zu einem laufenden Fuss 56 Stück $9^5/_8$zöllige (23,13 Cent.) Backsteine und 0,5 Cubf. Mörtel (zu 1 laufenden Meter 192 Stück und 0,0427 Cubikmeter Mörtel).

Es fertigte ein Maurergesell in 11 Stunden wirklicher Arbeitszeit 6 laufende Fuss Canal (1,752 laufende Meter).

Es hat gekostet:

Ein laufender Fuss Canal, aufzumauern incl. Ausheben der 6 — 8 Fuss ($1^m,75$ — $2^m,34$) tiefen Baugrube, incl. Mörtelbereitung und Herstellen der Rüstungen, Verfüllen der Baugrube und aller Nebenarbeiten, auch Vorhalten der Lehrgerüste oder Schablonen, jedoch excl. Backsteine, $17^1/_2$ sgr (1 lfdr. Meter 1 ℛ 20 sgr).

Ein steigender Fuss kreisrunder, 1 Fuss weiter Einfallschacht, wie vorhin herzustellen, excl. Backsteine, $7^1/_2$ sgr (1 steigender Meter 25,68 sgr).

Bei grösseren massiven Brücken sind erforderlich zu

1 Cubikfuss Quadermauerwerk $^1/_{32}$ Cubikfuss gemahlener Trass und $^1/_{32}$ Cubikfuss gelöschter fetter Kalk.

1 Cubikfuss Bruchsteinmauerwerk $^1/_{20}$ Cubikfuss gemahlener Trass und $^1/_{10}$ Cubikfuss gelöschter fetter Kalk.

Zum Ausfugen von Quadermauerwerk pro □Fuss $^1/_{200}$ Cubikfuss Mörtel (pro □Meter 0,00146 Cubikmeter).

Aus einem Faden (= 1024 Cubikfuss) Bruchsteine fertigt man 700 — 800 Cubikfuss Mauerwerk (aus 1 Cubikmeter 0,65 — 0,75 Cubikmeter).

Es pflegt gezahlt zu werden, wenn Bruchsteine und Quader verwandt werden, an Arbeitslohn:

Einen Cubikfuss Quader abzunehmen 2 ₰ (1 Cubikmeter 8,02 sgr).

36

Einen Faden Bruchsteine aufzusetzen 1½ — 1⅔ Thlr (1 Cubikmeter 1,76 — 1,96 sgr).

Eine Schachtruthe Mauersand aufzuschaufeln und zu messen 8 — 10 ₰ (1 Cubikmeter 1,25 — 1,57 ₰).

Einen Cubikfuss Trassmehl zu messen 1 ₰ (1 Cubikmeter 40,12 ₰).

Einen Cubikfuss Quader zu bearbeiten 2½ — 3 sgr (1 Cubikmeter 3 Thlr 10 sgr — 4 Thlr 6 sgr).

Einen Cubikfuss Bruchsteinmauerwerk herzustellen, durchschnittlich 5 ₰ (1 Cubikmeter 20,08 sgr).

Einen Cubikfuss Quadermauerwerk desgl. 1½ sgr (1 Cubikmeter 2 Thlr 3 sgr).

Einen Cubikfuss Gewölbemauerwerk desgl. 2 sgr (1 Cubikmeter 2 Thlr 24 sgr).

Einen Cubikfuss Kalk zu löschen 2 ₰ (1 Cubikmeter 8,39 sgr).

Einen □Fuss Deckplatten zu verlegen, incl. Verdübbelung und Material zu den Dübbeln, 3 sgr (1 □Meter 1 Thlr 5 sgr).

Einen □Fuss Backsteinabdeckung der Gewölbe herzustellen 3 ₰ (1 □Meter 3,516 sgr).

Einen □Fuss Asphaltabdeckung der Gewölbe, ¾ Zoll dick, in zwei Lagen à ⅜ Zoll stark herzustellen, incl. Material, 2½ — 3 sgr (pro □Meter 29,3 — 35,16 sgr).

Einen laufenden Fuss Sammelcanal [7] herzustellen, incl. Material 25 sgr (1 laufenden Meter 85,59 sgr).

Einen laufenden Fuss Hauptgesimse nachzuarbeiten 6 sgr (1 laufenden Meter 20,52 sgr).

Einen laufenden Fuss 4zöllige (9,73 Cent.) Trottoirplatten zu verlegen 2 sgr (1 laufender Meter 6,84 sgr).

Werden grössere Lehrgerüste erforderlich, so kostet das Verzimmern der Balken, Ständer, Holme, Zangen, Lehrlatten, incl. Aufstellen und Beseitigen des Gerüstes pro laufenden Fuss Holz 8 — 8½ ₰ (pro laufenden Meter 27,36 — 29,07 sgr). Es kosten ferner:

Ein laufender Fuss Deckengeländer von Quadern mit einfachen Profilen versehen, durchschnittlich 2 Thlr (1 laufender Meter 6 Thlr 25 sgr).

Einen laufenden Fuss solchen Geländers aufzustellen 7½ sgr (1 laufender Meter 25,65 sgr).

Ein Cubikfuss gelöschter Kalk (2 — 2½ sgr) (1 Cubikmeter 2 Thlr 20 sgr — 3 Thlr 10 sgr).

Ein Cubikfuss Quader von buntem Sandstein aus der Gegend von Holzminden bei einer Anfuhr pro Landfuhrwerk bis zu 3 Meilen (22,28 Kilometer) Entfernung, fertig bearbeitet 9½ sgr (1 Cubikmeter 12,7 Thlr).

Ein Cubikfuss Dolomitquader daher desgl. 10½ sgr (1 Cubikmeter 14 Thlr).

Ein Cubikfuss Sandsteinquader vom Süntel desgl. 9 sgr (1 Cubikmeter 12 Thlr).

Ein Cubikfuss *Deckplatten* von Dolomit, mit einfachem Profile versehen 18 *sgr* (1 Cubikmeter 24 Thlr).

In den nördlichen Gegenden der Provinz Hannover, wo Bruchsteine nicht zur Verfügung stehen und Quader unverhältnissmässig theuer kommen, daher das Mauerwerk grösstentheils aus Backsteinen hergestellt wird, kosten durchschnittlich:

Ein *Mille gewöhnliche Backsteine von kleinem Format* ($9\frac{3}{8}$ Zoll $\times$ $4\frac{5}{8}$ Zoll $\times$ $2\frac{1}{2}$ Zoll) frei Baustelle 7 — 8 Thlr.

Ein *Mille hartgebrannter* desgl. 8 — 10 Thlr.

Ein Cubikfuss *Quader zur Verblendung* der Widerlagerecken $17\frac{1}{2}$ *sgr* (1 Cubikmeter 23 Thlr 13 *sgr*).

Ein □ Fuss 5 Zoll (12,15 Cent.) starke *Flügel-Abdeckungsplatten* 15 *sgr* (1 □ Meter 5 Thlr 16 *sgr*).

Ein Cubikfuss *gelöschter Kalk* 4 *sgr* (1 Cubikmeter 5 Thlr 11 *sgr*).

Ein Cubikfuss *Cement* 15 *sgr* (1 Cubikmeter 20 Thlr 2 *sgr*).

Ein Cubikfuss *Trassmehl* von Brohl oder Andernach 12 — 15 *sgr* (1 Cubikmeter 16 Thlr 2 *sgr* — 20 Thlr 2 *sgr*).

Ein Cubikfuss *Mauersand* 6 ₰ (1 Cubikmeter 24 *sgr*).

Für *Arbeitslohn* folgende Preise:

Einen Cubikfuss *Verblendungsquader* zu *bearbeiten* und zu *versetzen* 5 *sgr* (1 Cubikmeter 6 Thlr 21 *sgr*).

Einen □ Fuss Abdeckungsplatten zu *verlegen* 2 *sgr* (1 □ Meter 23,11 *sgr*).

Einen □ Fuss hintere Mauerfläche zu *verputzen* 2 ₰ (1 □ Meter 23,11 ₰).

Einen □ Fuss äussere Mauerfläche *auszufugzen* 2 ₰ (1 □ Meter 23,11 ₰).

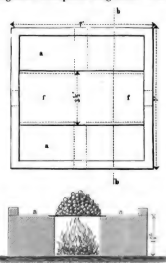
Bei *Brücken mit eisernem Oberbau, Steinplattenabdeckung und Theerconcretbahn* haben sich als besonders brauchbar die Platten aus den Brüchen von buntem Sandstein bei Eschershausen, Kreis Holzminden, erwiesen, welche in Dicken von etwa 6 Zoll, in 4 Fuss Breite und 4 — $5\frac{1}{2}$ Fuss Länge verwendet wurden. (Vergl. *Quanz*: „Die Ise-Brücke zu Gifhorn", Construction mit diesen Platten und Versuche über Zerdrückungsfestigkeit letzterer. Zeitschrift des hannov. Architecten- und Ingen.-Vereins. XIV. 1868, pag. 52 — 71, Abbild.)

Solche Platten kosten in der Nähe der Brüche pro □ Fuss $4\frac{1}{2}$ *sgr* (pro □ Meter 1 Thlr 23 *sgr*), in den nördlichen Theilen der Provinz Hannover incl. Transportkosten pro □ Fuss $9\frac{1}{2}$ *sgr* (pro □ Meter 3 Thlr 23,1 *sgr*).

Das Verlegen incl. des genauen Bearbeitens der Auflagerflächen und der Stossfugen, sowie incl. des Vergiessens der Fugen mit Pech und Theer und des Verzwickens derselben mit Schiefer pro □ Fuss $2\frac{1}{2}$ *sgr* (pro □ Meter 20,3 *sgr*).

Die *Theerconcretbahnen* bestehen aus einem Gemenge von *Steinschlag, Steinsplittern, Kies, Pech* und *Theer*, welches im heissen Zustande auf die Bahn gebracht, nach der Schablone geebnet und abgerammt

wird. Theerconcretbahnen macht man gewöhnlich an den Seiten 6 bis 7 Zoll (14,6 bis 17,04 Centim.), in der Mitte 9 Zoll (21,91 Centim.) stark und stellt sie aus 2 oder 3 Lagen her, um das Durchdringen der Feuchtigkeit zu verhindern und um durch das Rammen die Bahn möglichst comprimiren zu können. Zur Herstellung des Theerconcrets benutzt man einen Ofen, welcher aus Backsteinen mit darüber liegender Eisenplatte hergestellt wird.



Ein Ofen vorstehender Construction hat sich als praktisch erwiesen.

Auf die Eisenplatte f f bringt man zunächst das zu einer Mischung erforderliche Quantum Steinschlag, Steinsplitter und Kies und lässt diese Materialien soweit erhitzen, dass nach gehöriger Durcharbeitung eine Berührung mit der Hand, ohne Verbrennen möglich ist. Ueber dieses erwärmte Steinquantum wird die mittlerweile auf einem offenen Feuer zum Kochen gebrachte Mischung von Theer und Pech gegossen und möglichst rasch und vollständig durch Umschaufeln mit dem Steinschlage etc. vermengt, wozu gewöhnlich 4 Arbeiter erforderlich sind, von denen sich je 2 und 2 ablösen.

Ist die Mischung fertig, was man daraus ersehen kann, dass jedes Stückchen Steinschlag von Theer und Pech umhüllt ist, so wird dieselbe auf die Seiten a und a des Heerdes geschaufelt. Während nun 2 Arbeiter die fertige Mischung mittelst Mollen auf die Bahn tragen, der 3te das aufgebrachte Material mittelst einer eisernen Harke auseinander zieht und regulirt, bringen der 4te und 5te Arbeiter eine neue Mischung auf die Platte. Es sind mithin zum ungestörten Fortgange der Arbeit 5 Arbeiter erforderlich.

Während die auf die Platte gebrachte neue Mischung erwärmt und von 2 Arbeitern bearbeitet wird, erkaltet in der Regel die auf die Bahn gebrachte Mischung so weit, dass sie mit einfachen hölzernen Rammen abgerammt werden kann.

Als Mischungsverhältniss hat sich bewährt:

Zur unteren Lage:

6 Cubikfuss Steinschlag (0,1495 Cubikmeter),
$1^1/_2$ „ Steinsplitter (0,0374 Cubikmeter),
3 „ Kies (0,0748 Cubikmeter),
15 Pfund Pech,
15 „ Theer.

Zur oberen Lage:

6 Cubikfuss Steinschlag (0,1495 Cubikmeter),
$1^1/_2$ „ Steinsplitter (0,0374 Cubikmeter),
3 „ Kies (0,0748 Cubikmeter),
18 Pfund Pech und
18 „ Theer.

Zum schliesslichen Ueberdecken und Ausgleichen wird eine Mischung von

7 Cubikfuss Kies (0,1744 Cubikmeter),
12 Pfund Pech,
12 „ Theer

bereitet.

Alle sich bildenden Fugen an den Saumquadern oder Schwellen werden mit einer Mischung von Pech und Theer zu gleichen Theilen vergossen.

Es kostet der Cubikfuss Theerconcretbahn im fertigen Zustande, je nach dem Preise der Steinmaterialien $7^1/_2$ bis 10 *sgr* (der Cubikmeter 10 *ℛ* 1 *sgr* bis 13 *ℛ* 11 *sgr*).

Hölzerne Brücken.

Die gewöhnlichen Preise der Zimmerarbeiten bei hölzernen Brücken sind an Arbeitslohn:

Jochpfähle zuzurichten und einzurammen, je nach der Bodenbeschaffenheit, pro lfd. Fuss 5 bis 10 *sgr* (pro lfd. Meter 17,12 *sgr* bis 1 *ℛ* 4,23 *sgr*).

Jochholme zuzurichten und aufzubringen, incl. Anzapfen der Pfähle, pro lfd. Fuss $2^1/_2$ bis 3 *sgr* (pro lfd. Meter 8,56 bis 10,27 *sgr*).

Balken und Sattel zuzurichten, aufzubringen, zu verkämmen und zu verschrauben, pro lfd. Fuss 2 bis 3 *sgr* (pro lfd. Meter 6,85 bis 10,27 *sgr*).

Hinterkleidungsbohlen der Uferjoche mit dichtschliessenden Fugen anzubringen, zu nageln, die Fugen mit Fugenleisten zu überdecken, incl. Nägel, pro □Fuss 6 bis 8 *₰* (pro □Meter 7,03 bis 9,38 *sgr*).

Werden Balken und Holme der Trockenhaltung wegen mit Deckbohlen abgedeckt, und aussen mit Wetterbrettern versehen, so kosten:

Deckbohlen der Balken und Holme zu bearbeiten, mit Abdachung und Wassernase zu versehen und aufzubringen incl. Aufnageln der Knaggen. pro □ Fuss 10 ₰ (pro □ Meter 11,72 sgr).

Bohlenbelag zu bearbeiten, mit ½zölligen Fugen zu legen und zu befestigen, incl. Ueberdeckung der Fugen mit Leisten, pro □ Fuss 6 bis 8 ₰ (pro □ Meter 7,03 bis 9,08 sgr).

Saumschwellen zu bearbeiten, aufzubringen und zu befestigen, pro lfd. Fuss 8 ₰ bis 1 sgr (pro lfd. Meter 2,74 bis 3,42 sgr).

Geländerholz zu bearbeiten, abzuhobeln, die Kanten abzufasen, das Geländer aufzustellen und zu befestigen, pro lfd. Fuss Holz 1¼ bis 1½ sgr (pro lfd. Meter 4,28 bis 5,14 sgr).

Wetterbretter zu bearbeiten und mit Knaggen zu befestigen, incl. Nägel, pro lfd. Fuss 1 bis 1½ sgr (pro lfd. Meter 3,42 bis 5,14 sgr).

Gurten und Zangen zu bearbeiten und an die Joche zu bringen, pro lfd. Fuss 2 bis 2½ sgr (pro lfd. Meter 6,85 bis 8,56 sgr).

Streichen des Brückengeländers (dreimal) mit Oelfarbe, pro □ Fuss 6 ₰ (pro □ Meter 7,03 sgr).

Seitencanäle, Grabenüberfahrten, gepflasterte Gossen.

Grabenüberfahrten werden gewöhnlich in Breiten von 12 bis 16 Fuss (3,51 bis 4,67 Meter) angelegt und mit Durchlässen versehen. Stehen Bruchsteine zur Verfügung, so werden solche Durchlässe aus trockenem Mauerwerke mit Platten-Ueberdeckung, einen Fuss im Quadrat (0m,292) im Lichten weit, hergestellt. Eine solche Ueberfahrt kostet je nach der Breite 8 bis 12 ₰.

Häufig genügt es, Drainröhren, und zwar 3 Stränge von 3 bis 6 Zoll (7,30 bis 14,60 Centim.) oder 1 Strang von 9 Zoll (21,91 Centim.) Weite, durch die Ueberfahrt zu legen. Solche Ueberfahrten von 12 bis 16 Fuss (3,51 bis 4,67 Meter) Breite, mit vorgemauertem Haupte, kosten pro Stück 1½ bis 2½ ₰.

Stehen Bruchsteine nicht zur Verfügung, so stellt man die Durchlässe von Platten oder Backsteinen her.

Gossenpflaster kostet pro □ Ruthe incl. aller Materialien, wenn es aus Bruchsteinen, in einzelnen Rippen und dazwischen liegenden platten Steinen hergestellt wird, 8 ₰ (pro □ Meter 11 sgr), wird es aus Kieseln als Schiebepflaster hergestellt, 12 ₰ (pro □ Meter 16,49 sgr).

5) Futter-, Stütz- und Ufermauern.

Futtermauern zur Stützung der Böschungen tiefer Einschnitte werden gewöhnlich aus trockenem Mauerwerke mit ¼ bis 1/12 Anlauf in der Stirn hergestellt. Die Herstellung eines solchen Mauerwerks kostet pro Cubikfuss 3 ₰ (pro Cubikmeter 12,04 sgr).

Aus einem Faden = 1024 Cubikfuss Bruchsteine fertigt man 800 Cubikfuss trockenes Mauerwerk (aus 1 Cubikmeter 0,70 Cubikmeter Mauerwerk).

6) Sicherheitsanlagen.

Zur Sicherung der Passage auf hohen Dämmen werden häufig in Entfernungen von 1 bis 2 Ruthen (4,67 bis 9,35 Meter) Sandstein-Poteaux gesetzt, die eine Stärke von 9 bis 12 Zoll im Quadrat (21,9 bis 27,34 Centim.) und eine Höhe von 3 bis 4 Fuss (0,88 bis 1,17 Meter) über der Strassenkrone erhalten. Sie kosten pro Stück $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ ₰.

Grenzsteine kosten pro Stück 5 bis 6 sgr bei 7 Zoll Breite, 4 bis 5 Zoll Stärke und 2 Fuss ganzer Länge, von Sandstein, Dolomit etc.

7) Nummersteine

werden gegenwärtig in der Provinz Hannover in Entfernungen von 20 Ruthen (93,16 Meter) gesetzt und kosten, $2\frac{1}{2}$ Fuss im Ganzen lang und 9 Zoll im Quadrat stark, (0m,63 und 0m,22) pro Stück 10 bis 15 sgr.

8) Baumpflanzungen.

Obstbäume kosten durchschnittlich......... pro Stück 10 sgr.
Das Pflanzen und Anbinden............... „ „ $2\frac{1}{2}$ „
Baumstangen kosten...................... „ Schock 4—5 ₰.
Von Waldbäumen kosten:
Eschen incl. Pflanzen................ pro Stück 8 sgr.
Linden „ „ .... „ „ 12 „
Platanen „ „ .... „ „ 14 „

Obstbäume während des ganzen Jahres zu warten, von Ungeziefer zu reinigen etc. kosten pro 100 Stück Bäume 1 bis $1\frac{1}{2}$ ₰.

9) Geräthe.

Bei Neubauten kostet die Anschaffung und Unterhaltung der Arbeitsgeräthe gewöhnlich 15 bis 20 sgr pro lfd. Ruthe Strasse (pro lfd. Meter 3,21 bis 4,28 sgr).

Bei der Unterhaltung werden für Geräthe auf jede 100 Ruthen Strasse 2 bis 4 ₰ veranschlagt (oder per Kilometer 4,28 bis 8,56 ₰).

10) An Insgemeinkosten

werden 1 bis $1\frac{1}{2}$ Proc. der Anschlagssumme in den Anschlag aufgenommen.

Erläuterungen zu den vorstehenden Preisangaben.

ad 1 (pag. 557). Unter verbauen ist das Aufhauen der alten Bahn, das Ausharken, Aufbringen und Reguliren des Deck- oder Reparaturmaterials verstanden. Walzen und Handarbeiten beim Walzen sind darin nicht enthalten, vielmehr unter Walzungskosten berücksichtigt.

ad 2 (pag. 557). Das Verbauen in Reparaturen ist desshalb theurer als in Decken, weil das Material gewöhnlich in dünnen Schichten und kleinen Flicken verbaut wird, wesshalb die Bahnen sorgfältiger und mehr aufgehauen werden müssen, als beim Verbauen in Decken. Die gute Ausführung der Reparaturen ist keine leichte Arbeit und erfordert tüchtige und geübte Arbeiter.

ad 3 (pag. 558). 1 laufende Ruthe fertige Strasse das ganze Jahr hindurch in Ordnung zu halten etc. kostet durchschnittlich 2 — 3 *sgr*, nur ausnahmsweise kostet diese Arbeit auf den frequentesten Strassen, wie z. B. der Hannover-Nenndorfer und Hannover-Hameler Chaussee pro Ruthe 4 *sgr*.

Grössere Planirungsarbeiten sind darin natürlich nicht enthalten, sondern nur die kleinen Arbeiten, welche ein Wärter täglich beim Begehen seiner Strecke verrichtet, als Auslegen der Spursteine, Ablesen der Poltersteine, Beseitigung kleiner Unebenheiten auf Banquett- und Sommerweg, Ableiten des Wassers, Beseitigung kleiner Grasbüschel etc.

Bestimmte Regeln darüber, wie oft Banquett und Sommerweg planirt und entgrast werden müssen, lassen sich nicht angeben, da dies von der Frequenz der Strasse und von der Fruchtbarkeit des Bodens abhängt.

ad 4 (pag. 558). Die Pflastersteine zu Schiebepflaster werden wenig oder gar nicht aptirt, sondern, wenn grosse Steine angeliefert sind, nur auf die bestimmte Grösse gespalten, sonst lässt man sie rund oder wie sie eben sind. Die angegebene Quantität von 8 – 9 Kasten bezieht sich daher auf roh angelieferte Steine.

ad 5 (pag. 559). Unter Walzungskosten im Allgemeinen versteht man die Kosten für Handarbeiten beim Walzen und die Kosten der Bespannung, beide Theile sind in den angegebenen Preisen getrennt gehalten.

Unter Handarbeiten beim Walzen versteht man das Leiten der Walze, das Reguliren der Bahn beim Walzen, das Annässen der Bahn, so weit dies durch Arbeiter geschieht, das Aufstreuen und Einfegen des Bindematerials, das Ablesen von Poltersteinen, das Nachhöhen versackter Stellen etc.

Die Handarbeitskosten beim Walzen kleinerer Reparaturen sind desshalb billiger, als beim Walzen von Decken, weil die kleineren ausgebesserten Stellen nicht so lange gewalzt werden, als Decken, häufig sogar sehr we-

nig, da die Reparaturen im Frühjahr ausgeführt werden müssen; dann sind die Bahnen weich und das verbaute Material verbindet sich leicht mit der Bahn. Diejenigen Decken dagegen sind die besten, welche im Sommer aufgebracht werden.

ad 6 (pag. 559). Die eigentlichen Walzungskosten umfassen nur die Bespannung der Walze einschliesslich des Fuhrmannes.

ad 7 (pag. 562). Sammelcanäle, welche nur 25 *sgr* pro laufenden Fuss incl. Material kosten, sind hier bei grösseren Brücken, aus Backstein hergestellt gedacht. Die Rinne, welche da gebildet wird, wo die Hintermauerungen beider Gewölbe zusammenstösst, wird mit hartgebrannten Backsteinen $\frac{1}{2}$ Stein stark und 1 Fuss weit überwölbt. Zum Einlaufen des sich auf der Hintermauerung sammelnden Wassers ist auf jeder Seite in der unteren Backsteinschicht neben einem Läufer eine Oeffnung von der Grösse eines Viertelsteines freigelassen. Solche Canäle haben vollständig ihren Zweck erfüllt.

Herstellung und Kosten von Strassen im Moore.

Bei Herstellung eines Strassenplanums im Moore wurde früher und wird auch noch jetzt häufig Sandboden oder sonstiger zur Verfügung stehender Boden verwandt und sieht man in Folge dessen, falls nicht die Mittel zur Schüttung des Dammes von Grund auf zur Verfügung stehen, gewöhnlich sehr bald eine Versackung des Strassenplanums eintreten.

Diese Erfahrung hat dazu geführt, den Strassendamm aus so leichtem Materiale herzustellen, dass das Moor ihn zu tragen vermag und so hoch zu legen, dass die Krone desselben stets mehrere Fuss über dem höchsten Wasserstande liegt.

Der Moorboden selbst, und zwar in getrocknetem Zustande, hat sich als das vortheilhafteste Material zur Schüttung solcher Dämme erwiesen. Am besten eignet sich dazu der leichteste faserige und schwammige Moorboden, weniger gut der schwarze, bei weitem schwerere Moorboden. Ein aus faserigem, getrocknetem Moorboden hergestellter Damm ist selbstredend bei weitem leichter, als der gewöhnlich vom Wasser stark durchzogene Moorboden, und wird ersterer auch, in Folge der hygroskopischen Eigenschaften des Moores, zu Zeiten, namentlich bei hohen Wasserständen, vom Wasser durchzogen, so ist dies doch gewöhnlich nur für kurze Zeit der Fall, da in Folge der Höhenlage des Dammes eine rasche Austrocknung desselben eintritt.

Mit bestem Erfolge ist in den theilweise sehr nassen und weichen, bis zu 40 Fuss ($11^{m},68$) tiefen Mooren im Bremenschen folgendes Verfahren angewendet.

An einer von der Baustelle hinreichend entfernten Stelle wird der möglichst faserige oder schwammige Moorboden in regelmässigen Stücken gewonnen und zur Austrocknung seitwärts abgelagert.

Erst nach Austrocknung des gewonnenen Moorbodens wird dies Material zur Baustelle transportirt und der Damm durch Aufschichtung desselben hergestellt.

In der Regel wird eine Höhe des Dammes von 4 – 5 Fuss (1^m,17 — 1^m,46) über dem Terrain zur Trockenhaltung genügen. Um die tragende Fläche des Moores möglichst gross zu machen, legt man flache, 2 – 2½ füssige Böschungen an. Ist der Damm in solcher Weise hergestellt, so wird er ¾ – 1 Fuss (0^m,22 — 0^m,292) hoch mit Sand überdeckt und darauf unmittelbar die Steinbahn gelegt.

Dämme, welche auf diese Weise hergestellt, sind zwar sehr elastisch und verursacht namentlich das Walzen der Steinschlagbahnen mancherlei Schwierigkeiten, indessen hat die Erfahrung bewiesen, dass es sich ohne verhältnissmässige Kosten thun lässt, nur muss man sich hüten zu schwere Walzen zu verwenden. Die beim Walzen sich leicht bildenden wellenförmigen Unebenheiten müssen selbstredend vor der Dichtung der Bahn ausgeglichen werden.

Beispielsweise hat sich ein nach obiger Methode hergestellter Strassendamm durch ein 40 Fuss (11^m,68) tiefes, sehr weiches Moor seit 4 – 5 Jahren ohne bemerkbare Versackung gehalten, während ein früher von schwerem Boden geschütteter Strassendamm binnen wenigen Jahren um 4 Fuss (1^m,17) und mehr versackt war. Die Preise der eben beschriebenen Arbeiten stellen sich:

1 Schachtruthe faseriger Moorboden in regelmässigen Stücken zu gewinnen und auf 5 – 10 Ruthen Entfernung zum Austrocknen seitwärs abzulagern = 20 *sgr* bis 1 ₰ (oder 1 Cubikmeter auf circa 25 – 50 Meter 3,25 – 4,80 *sgr*).

1 Schachtruthe ausgetrockneten Moorboden auf 50 – 100 Ruthen Entfernung heranzuholen, zur Herstellung des Planums schichtweise abzulagern 1 ₰ bis 1 ₰ 10 *sgr* (oder 1 Cubikmeter auf circa 250 – 450 Meter 4,8 – 6,3 *sgr*).

1 □Ruthe Böschungen zu reguliren und mit Moorsoden zu bekleiden 10 *sgr* (1 □Meter 0,46 *sgr*).

Die Kosten der Ueberdeckung mit Sand richten sich nach den örtlichen Verhältnissen.

XV.

Einige Literatur zum Wegebau.

1) Lehrbücher und Handbücher über Strassenbau.

Wiebeking. Theoretisch-praktische Strassenbaukunde. Mit 5 Tafeln. Sulzbach. 1808.

Wesermann. Handbuch des Strassen- und Brückenbaues. 1830.

Umpfenbach. Theorie des Neubaues, der Herstellung und Unterhaltung der Kunststrassen; mit 12 Tafeln. Berlin 1830.

Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststrassen. Berlin 1834.

Sganzin. Grundsätze der Strassen-, Brücken-, Canal- und Hafenbaukunde, übersetzt von Lehritter und Strauss. Regensburg 1832.

Wedecke. Theoretisch-praktisches Handbuch des Chausseebaues. Mit Atlas. Quedlinburg und Leipzig. 1835.

Steenstrup. Leitfaden zur Anlage und Unterhaltung der Landstrassen, so wie zur Beurtheilung der Kosten, Vehikel und Frequenz dieser Communicationen. Kopenhagen 1843.

J. de Gayffier. Nouveau manuel complet des ponts et chaussées. 4. édit. 2 Tomes (Manuels-Roret). Paris 1857 et 1859.

Gillespie. A manual of the principles of road making, comprising the location, construction and improvement of roads and rail-roads. Newyork. Barnes and Burr. 1862.

Law. Rudimentary treatise on constructing and repairing roads. London. Weale.

M. Becker. Der Strassen- und Eisenbahnbau in seinem ganzen Umfange. 3. Aufl., mit 40 Tafeln. Stuttgart. Carl Mäcken. 1870. (Dritter Band des Handbuches der Ingenieur-Wissenschaften.)

Ahlburg. Der Strassenbau, mit Einschluss der Construction der Strassenbrücken. Mit 315 Holzschnitten. Braunschweig. Schwetschke & Sohn. 1870.

2) Strassen in Städten.

Breite der Strassen in London und Häuserhöhen. Civ. Eng. Arch. 1856. pag. 47.

Breite von Quais in verschiedenen französischen Häfen, in dem Artikel von Dulk: „Ueber Hafenanlagen in Frankreich“. Berliner Bauzeitung. 1863. Abbild.

Instruction rélative à la voierie urbaine. Nouvell. annal. 1864.

Gesetze, welche Strassen- und Gebäude betreffen, in Manuel des lois du bâtiment. Paris. Morel & Co.

Fronthöhen von Gebäuden und Strassenbreiten, vergl. Berliner Polizeiverordnungen vom 13. Juli 1865, in Pol. Centr. 1866, pag. 67; Bauordnung von Brüssel, vom 14. Febr. 1857, in Förster's Bauzeitung 1860; Entwurf einer Bauordnung für Wien, österr. Zeitschr. 1865, pag. 107, auch pag. 174.

Breiten von Strassen in Wien, im Bau-Almanach von Grave. Wien. Bartelmus 1865; in Amerika, spec. in New-York. siehe

Gillespie, road making, pag. 46 etc. 1862.

Gesunde Lage der verschiedenen Theile grosser Städte. Zeitschr. des hann. Arch.- und Ingen.-Vereins. III. 1857. pag. 122.

On the municipal organisation of Paris, with regard to public work. By G. R. Burnell. Civ. Eng. Arch. Journ. 1865. März 1. pag. 92.

London streets, by W. Haywood. Civ. Eng. Arch. Journ. 1866. Mai 1.

Improvement of towns, by J. Lemon, Civ. Eng. Arch. Journ. 1865. Aug. 1.

Notes on the city improvements of Paris. Civ. Eng. Arch. Journ. 1867. XXX. p. 302.

Agrandissement de Madrid. Nouv. annal. 1863. Janv. Abbild.

Agrandissement de la ville de St. Nazaire. Nouv. annal. 1865. Janv. Abbild.

Das künftige Westend Berlin's, und über Stadterweiterungen überhaupt. Rombergs Bauzeit. 1867. p. 122.

Nomenclatur der Strassen in Städten. Civ. Eng. Arch. Journ. Nov. 1. 1864.

Bezeichnung der Strassen. Nouvell. annal. 1863. März.

Grösse verschiedener Parks in London. Engin. April 15. 1864. (Die Eilenriede bei Hannover ist 2700 hannov. Morgen gross.)

Travaux de Paris. Jährliche Unterhaltungkosten der Pariser Strassen. Vergleich zwischen Steinschlag und Pflaster. Revue génér., par C. Daly. Vol. 20. Nr. 9 und 10, pag. 219.

Anlage von Gasröhren in Abzugscanälen. Bullet. du mus. de l'ind. 1865, pag. 323; in Subways Pol. Centralbl. 1866. Mai 15; aus Pract. Mech. Journ. April 1866. pag. 28.

3) Ueber Pflaster in Städten und Herstellung des Pflasters von Stein, Holz, Asphalt und Eisen etc.

Du pavage et de l'entretien des rues de Paris, par un ancien cond. des ponts et chauss. In 8⁰. 20 pl. Imprim. Véronése.

Arbeiten der Municipal-Verwaltung des Brücken- und Strassenbaues in Paris. Försters Bauzeit. 1844.

The management of towns. IV. The city of London. Ein interessanter Artikel über Pflasterung und Unterhaltung derselben, Reinigen und Sprengen der Strassen, Versuche mit verschiedenen Arten Pflaster etc. Civ. Eng. Arch. Journ. 1865. Mai 1.

Road making in England and in London in particular. Geschichtl. über Walzen, empfiehlt Mac Adam statt Pflaster. Pract. Mech. Journ. 1867. p. 323 — 325.

Die neue Granitfahrbahn in der Wilhelmsstrasse in Berlin. Berlin. Bauztg. 1851. pag. 346.

Taylor's Strassenpflaster auf Euston Station, aus rein bearbeiteten kleinen Granitsteinen. Förster. 1853, pag. 201, aus Civ. Eng. Arch. 1852. Juli.

Neues Strassenpflaster in London, auf Concret, aus Granitsteinen, mit Cement vergossen. Beschreibung der Herstellung und Angabe der Kosten. Förster. 1861, pag. 248.

A new mode of constructing the surface of streets and thoroughfares by J. Mitchell. Pflastersteine auf Beton und in Cement vergossen. Civ. Eng. Arch. 1867. XXX. pag. 324 — 326.

Erfahrungsresultate über Holzconservirung an präparirten Blöcken zum Holzpflaster. Zeitschr. des hannov. Arch.- und Ingen.-Vereins. II. 1856, p. 250.

Ueber Holzpflasterung in Amerika und England, nach Mittheilungen von Ghega. Förster, 1842, pag. 368, mit ausführl. Abbild.

Zur Kenntniss des Holzpfasters. Förster 1843. Nachtheile desselben, Dauer u. s. w.

Asphaltpflasterung in Paris. Beschreibung der Herstellung. Revue de l'arch. et des trav. publ., par C. Daly. Juli 1843.

Strassen von erwärmtem und comprimirtem Asphalt. Beschreibung der Herstellung und Vergleich mit Pflaster oder Macadamisirung. Revue univers. 1862. Sept. et Oct., pag. 347.

Verwendung des comprimirten Asphalts in Paris, von Léon Malo. Deutsche Gewerb. von Wieck, 186?, Nr. 43; daselbst 1864, Nr. 41; auch Vergleich mit Macadam und Pflaster; Förster, 1864, pag. 341. Gén. industr. XXVIII, 1864, März, pag. 129. Anlage und Unterhaltungskosten, verglichen mit Macadam und Pflaster; Wochenschrift des niederösterr. Gewerbe-Vereins, 1865, Sept. 17, Nr. 38.

Die Anwendung des gewalzten Asphalts bei Strassen- und Brückenbauten. Romberg. B. 1865, pag. 214.

Asphalt auf dem hölzernen Bohlenbelage der Aspernbrücke, Art der Herstellung und Kosten. Vortrag von Fillunger, österr. Zeitschr. 1865, Heft 1, pag. 21.

Herstellung des Asphalttrottoirs in Nancy, von Dihm. Mit Angabe der Maasse und Kosten und Abbild. des Trottoirs und der Werkzeuge. Deutsch. Ing. IX. pag. 157; auch Pol. Centr. 1865, pag. 649, Abbild.; auch in Fink, Baugewerbe, Heft VII, 1865.

Ueber die natürlichen und künstlichen Bitumen, von J. E. Visser. Auch über Asphaltpflaster und Trottoirs. Fink, Baugewerbe, 1866. Heft. 3.

Trottoirs in New-York und Pflaster daselbst. Förster, 1846, pag. 92.

Construction von Trottoirs. Pract. Mech. Dec. 1. 1864. Abbild.; aus dem Werke von Grimaud de Caux, über Wasserversorgung der Städte, entnommen.

Pflaster in der Ehrenpforte der Tuilerien und im Eingange des Louvre, von cannelirtem Blech, in den hohlen Theilen mit Asphalt ausgefüllt. Förster, 1853, Notizbl. p. 317.

Du pavage en fonte. Nouveau système de pavage brevété. Considérations sur la voierie urbaine, par F. Bienez, 82 p. Bruxelles, Lacroix, Verbockhoven & Co.

Das zellige Eisen, zur Pflasterung der Strassen in Städten. Die Zellen mit Sand gefüllt. Förster, 1865, pag. 422, Abbild.

Verwendung der Hochofenschlacke zu baulichen und anderen Zwecken. Deutsch. Ing. 1868, pag. 32 — 39.

Hochofenschlacken zum Strassenpflaster. Deutsche illustr. Gewerbe-Zeitg. 1865. Nr. 6.

Gewinnung von Pflastersteinen durch Steinbruchbetrieb, mit Maschinen, zu Marcoussis. Polyt. Centr. 1864. Febr. 1, pag. 198.

Sprengarbeiten und Steinspaltmaschinen, zur Gewinnung von Pflastersteinen für die Stadt Paris, von Plessner. Berl. Bauztg. 1865, pag. 420.

Schutz der Anpflanzungen an Strassen, vor dem Einflusse des Leuchtgases. Deutsch. Gewerb. von Wieck, Nr. 15, 1868, pag. 119.

4) Beschreibung einiger Strassenanlagen.

Der Strassenbau im Herzogthume Schleswig, von Herzbruch; mit Angabe zahlreicher Maasse und Unterhaltungskosten; auch Abbild. Berl. Bauztg. 1868, p. 283 -- 291.

Strasse über den Mont Cenis bei Lanslebourg. Oesterr. Zeitschr. 1866 Heft 1, Abbild.

Strasse von Pontebba. Försters Bauztg. 1843, pag. 131 - 146. Abbild. Lehrreich für Traciren.

Strasse über das Stilfser Joch, von Donegani. Mit Construction von Lawinenschutzdächern, von Gallerien etc. Förster, Bauztg. 1843, pag. 367, Abbild.

Neue Fahrstrasse am Traunsee, von Traunkirchen nach Ebensee, von J. Baumgartner. Förster, Bauztg. 1867, pag. 386 — 390, Abbild.

5) Allgemeines über Strassen, deren Verwaltung und Unterhaltung.

Etudes historiques sur l'administration des voies publiques en France au 17. et 18. siècle, par Vignon. 3 Vol. avec color. Paris. Dunod.

Beitrag zum Strassenbau, von Rudolph. Förster, Bauztg. 1847.

Die Umgestaltung der Strassenunterhaltung in Grossbritannien. Förster, Bauztg. 1849.

Betrachtungen über die Unterhaltung beschotterter Strassen; auch die in Frankreich bestehenden Principien. Förster, Bauztg. 1858, pag. 19 etc.

Vorschrift über Belastung der Wagen bei Frostaufgang auf französischen Strassen. Ann. pont. 1863. Juli und Aug. pag. 456 etc.

Unterhaltung der Strassen, Ermittelung der Abnutzung, Vorzüge des Deckenlegungssystems vor dem Flicksystem, graphische Darstellung der Abnutzung etc., von M. Graeff. Ann. pont. 1865. Mai und Juni, pag. 267, Abbild.; hierher gehörig auch Note sur l'emploi d'une règle à mesurer l'usure des chauss., par Desgeans. Ann. gén. civ. 1863. Oct. pag. 260, Abbild.

Notiz über die Anwendung von Bindematerial bei der Unterhaltung der Strassen, von M. Picard. Ann. pont. 1865. Juli und Aug.

6) Chaussee-Walzen.

Gusseiserne, mit Wasser gefüllt. Förster, Bauztg. 1854, pag. 10.

Walzen der Chausseen mit Dampf. Förster, Bauztg. 1862. -- Lemoine's Dampfwalze, verglichen mit der von Ballaison. Bull. d'encourag. XII. 1865,

pag. 696, Abbild.; auch Dingler's pol. Journ. 1866, 1. Märzheft, pag. 350, Abbild. — Ballaison's, Revue gén. de l'arch., par C. Daly. XXV. 1864, pag. 252, Abbild.; auch Bull. du mus. de l'ind. 1866. Febr., pag. 81, Abbild.; auch Pol. Centralbl. 1866, pag. 435. Abbild. — Ueber die Dampfwalzen in Paris, Mech. Magaz. 1865. April 21. — Dampfwalze für Bombay. Engin 1867. XXIV. pag. 387, Abbild. — Ueber Dampfwalzen in Rühlmann's allgemeiner Maschinenlehre. — Lehmann's sächsische Chausseewalze mit Umlenkvorrichtung. Förster, Bauztg. 1866, pag. 482, Abbild. Pol. Centr. XXXIII. 1867, pag. 174, Abbild

7) Steinbrechmaschinen,

verschiedene, und historischer Abriss. Kostenangaben. A. Armeng. Publ. ind. Vol. 16. livr. 1 et 2, pag. 75.

Johnson's, Brechmaul mit Excentric und Kniehebel bewegt. Pract. Mech. XI. $18^{58}/_{59}$, pag. 295, Abbild.

Mountain's Walzwerk. Pol. Centralbl. XXVII. 1861, pag. 1245.

Auf Georg-Marien-Hütte zu Osnabrück. Brechmaul mit Exc. und Kniehebel. Pol. Centralbl. 1863, pag. 784. Dingler, Pol. Journ. 1865, 1. Aprilheft, pag. 9, Abbild. Anlage und Betriebskosten.

Smith und Roberts's, eine lose und eine feste Backe. Pol. Centr. XXXI. 1865. pag. 509, Abbild. Mech. Mag. Dec. 16. 1864, Abbild.

Pope's, Pol. Centr. XXX. 1864, pag. 1409, Abbild. Technolog. XXVI. 1865, pag. 162 — 164. Abbild.

Thomas's, Pol. Centr. XXXI, pag. 1348. Abbild. Walze mit 300 — 4 0 Umdrehungen.

Chambers's, Backen, mit hydraul. Druck bewegt. Pol. Centr. XXX, 1864 pag. 1408 — 1409, Abbild. Pract. Mech. XVII. $18^{64}/_{65}$, pag. 137, Abbild.

Ducourneau's, drei durch Daumen bewegte Hämmer. Bullet. du mus. de l'industr. Octob. 1865, pag. 185, Abbild. Port. écon. V. 1860, pag. 123.

Blake, Avery, Dyckhoff, Gardiner und Thomas. Berg.- und hüttenmännische Zeit. von Kerl und Wimmer. 1866, Nr. 5, Abbild., Pol. Centr. XXXI. 1865, pag. 1339 — 1348, Abbild.; aus Civ. Ing. XI, pag. 306, Abbild.

Blake's, Technol. XXV. 1864, pag. 501 — 504. Abbild. Artiz. XXII. 1864. pag. 80 — 81, Abbild. Deutsche Industr. Ztg. 1865, Nr. 11. Brechmaul mit auszuwechselnden Zähnen.

Schwartzkopff's Preuss. Gewerb. 1865, pag. 107, Abbild.

Buette & Co. Port. écon. 1866, pag. 96 — 97.

Spincer & Clermontel. Bull. du mus. de l'ind. 1867. Dec. Nr. 6, pag. 305 und 306, Abbild.

Hope's, Engin. Janr. 5. 1866. — Centrifugale Steinbrech-Maschine im Bericht über die XIV. Versammlung deutscher Architecten und Ingenieure in Wien.

8) Strassenreinigungs-Maschinen.

Whitworth's und Andere. Förster, Bauztg. 1844. von Colombe, Förster 1854. Notizbl., pag. 123.

Machine à ébouer, par Devillers du Terrage. Ann. pont. 1841. 2. Sem.

Rapport de M. Daru au ministre des travaux publ. sur les chaussées de Londres et de Paris. Ann. pont. 1850. 2. Sem.

Rapport de M. Herpin sur une machine à balayer de M. le docteur Colombe, Bull. d'enc. 1856. Tome III. pag. 583.

Tailfer's Maschine. Beschreibung und Angabe über Leistungen. Ann. gén. civ. November 1865, pag. 767, auch December 1865. Nr. 12, pag. 851, Zeichnungen von Tailfer's M. daselbst, Taf. XXXVI, Fig. 17, von Koffler's M. Fig. 16; auch Förster, Bauztg. 1864, p. 396 ff, Gén. ind. XXIX. 1865, Abbild. Bullet. du mus. de l'ind. Sept. 1864, pag. 145, Abbild. Deutsche Ind. Ztg. 1865. Nr. 40, Octobr. 5.

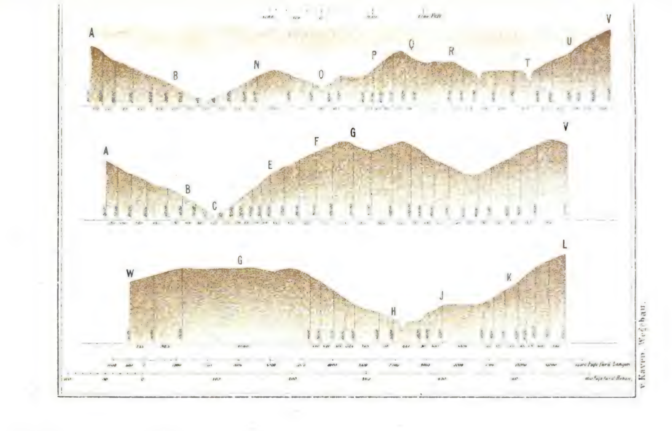
Koffler's Maschine, und Vergleichung derselben mit anderen, Wochenschr. des niederösterr. Gewerbe-Vereins, 1865. Jan. 1, pag. 11, Abbild.; dieselbe mit Abbild. in Schweiz. Zeitschr. 1865, pag. 81.

Langen's Maschine in Newyork. Deutsche Gewerbeztg. von Wieck. 1865. Nr. 31, Abbild.

Long's Maschine. Engin. Mai 1. 1863, pag. 246.

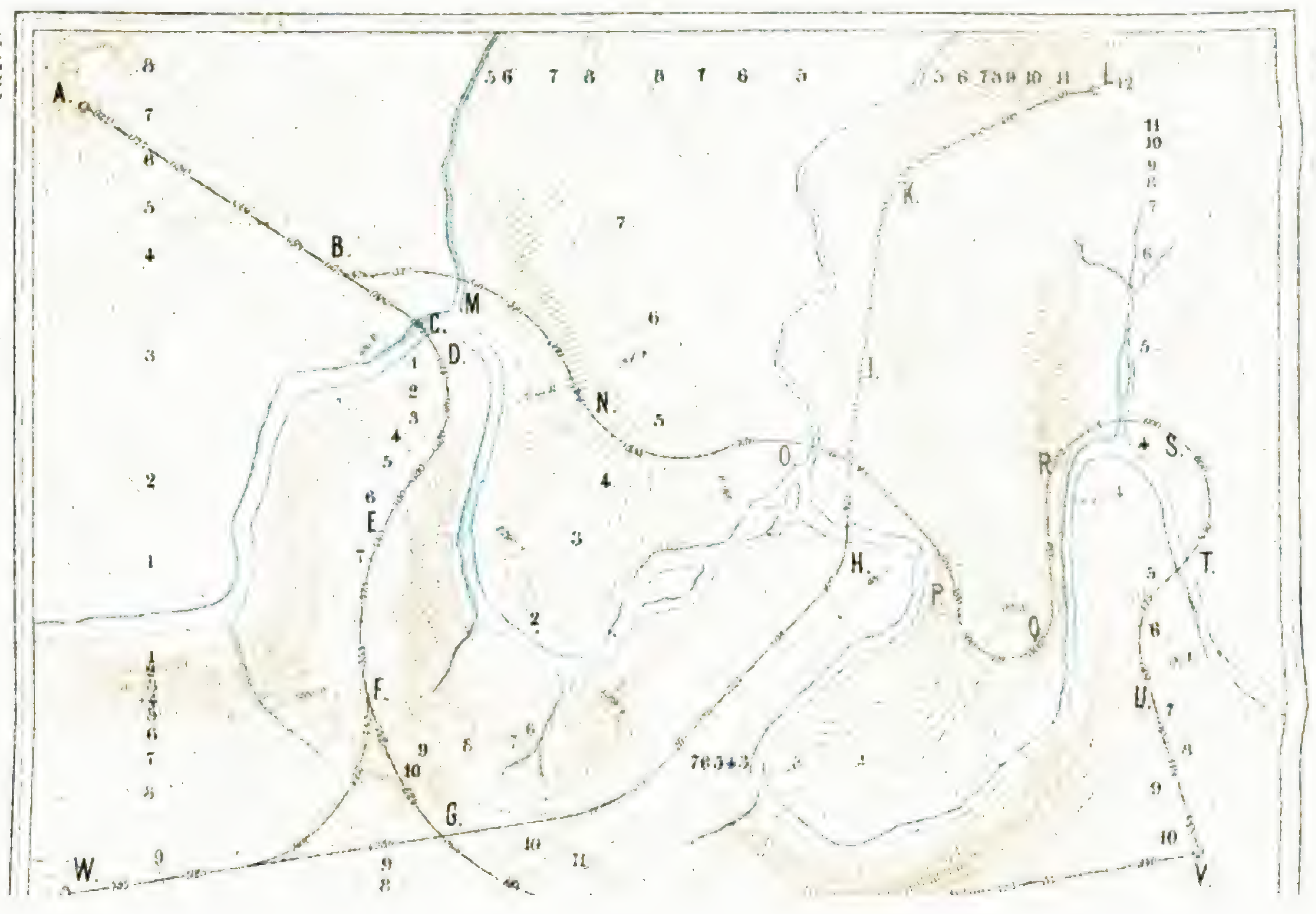
Sanitary works at Liverpool. Ueber Reinigen der Strassen durch Fegen. Civ. Eng. Arch. 1864. Mai 1.

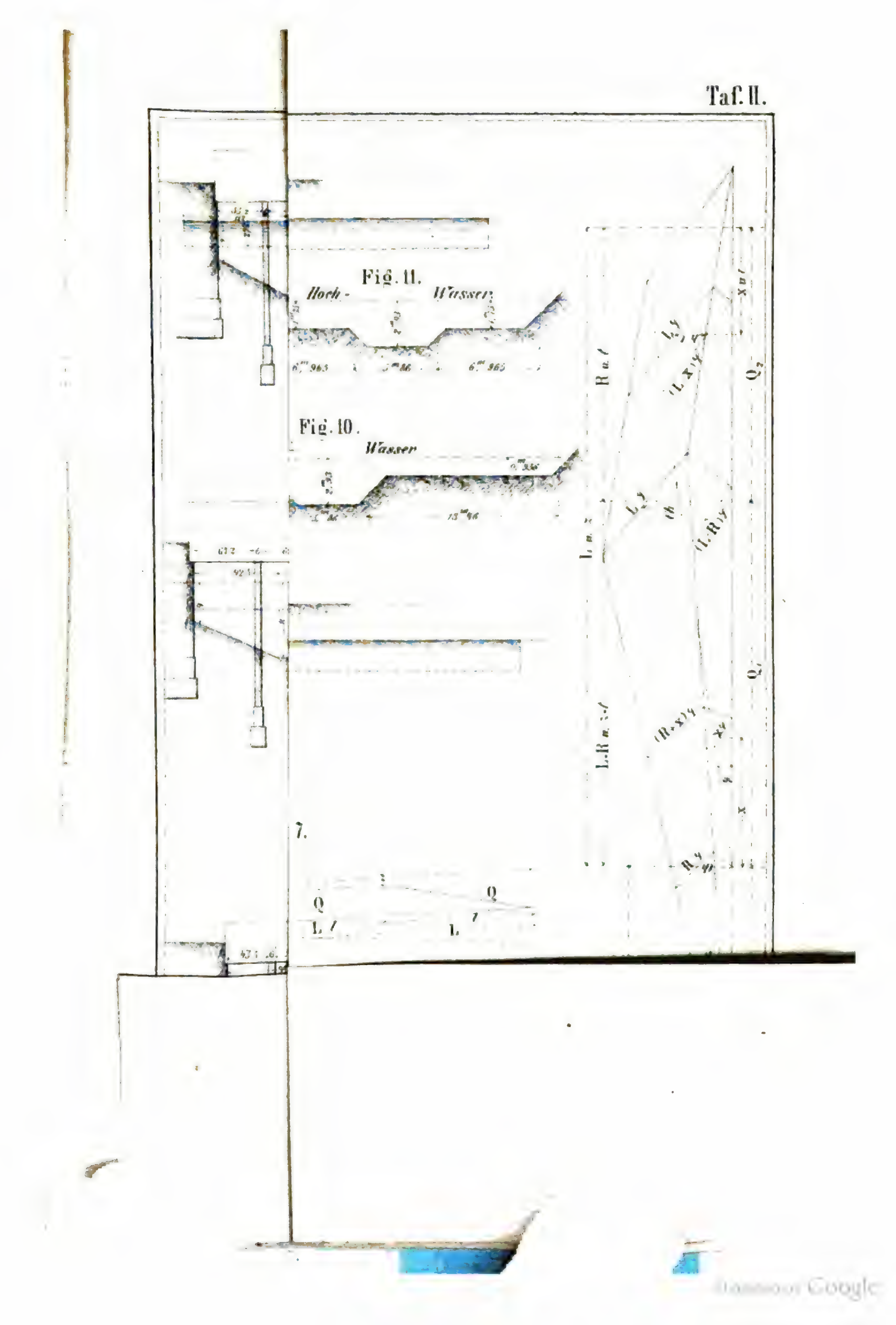
Vergl. auch Rühlmann's allgemeine Maschinenlehre. Abbild.



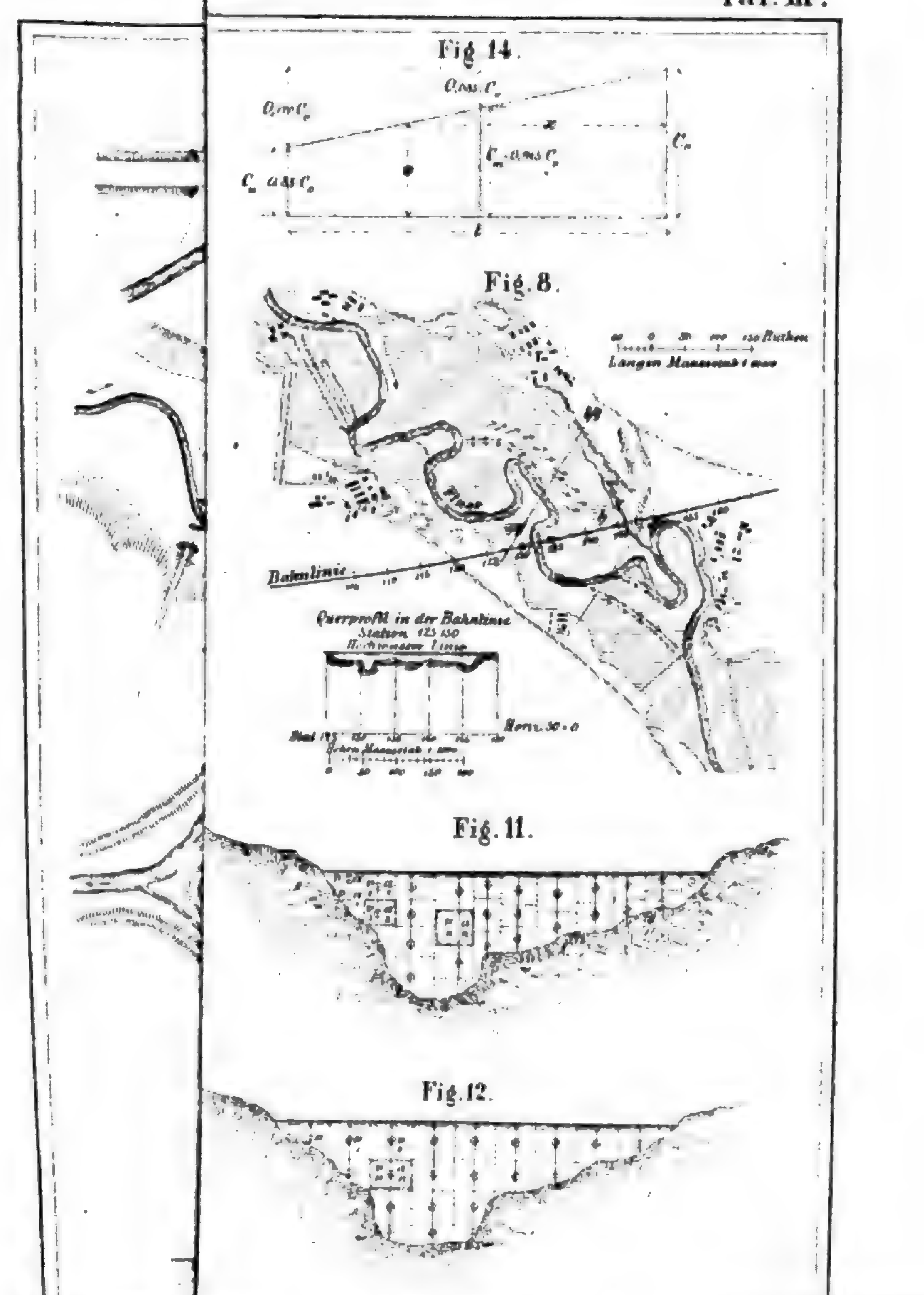
v. Kaven, Wegebau.

Taf. I.




Taf. II.
Fig. 11.
Hoch -
Wasser
Fig. 10.
Wasser
7.

Taf. III.


Fig. 14.
Fig. 8.
Bahnlinie
Querprofil in der Bahnlinie
Fig. 11.
Fig. 12.



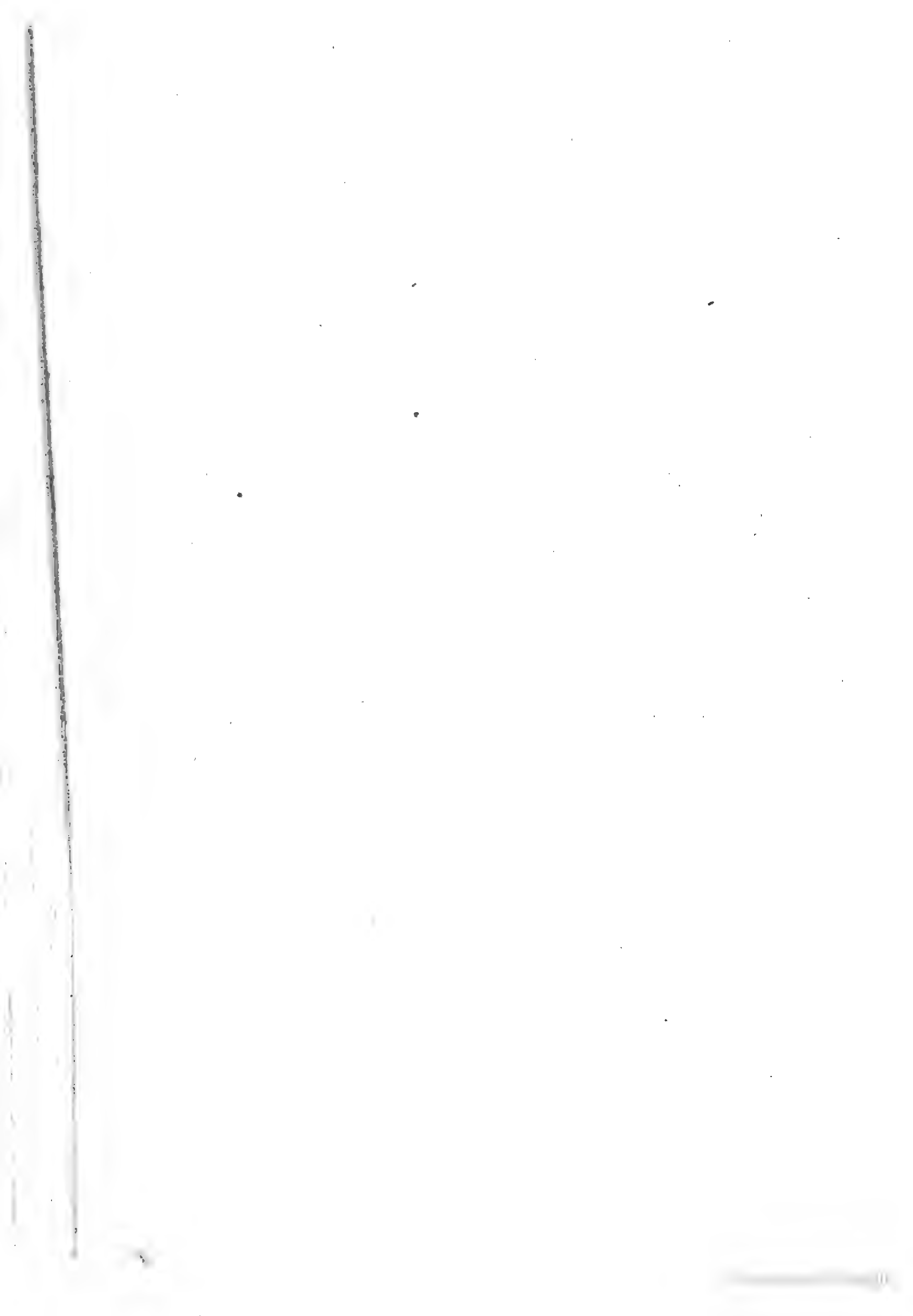






image
not
available

